



Impact de la qualité de l'information sur les performances de rappel à long terme dans le trouble du spectre autistique

Raphaël Curti

► To cite this version:

Raphaël Curti. Impact de la qualité de l'information sur les performances de rappel à long terme dans le trouble du spectre autistique. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01219858

HAL Id: dumas-01219858

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01219858>

Submitted on 23 Oct 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE NICE - SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE DE NICE

**IMPACT DE LA QUALITE DE L'INFORMATION SUR LES
PERFORMANCES DE RAPPEL A LONG TERME DANS
LE TROUBLE DU SPECTRE AUTISTIQUE**

THESE

Présentée et soutenue à Nice le 14 novembre 2014

par

Raphaël CURTI

Né le 18/10/1984 à Draguignan

Pour l'obtention du diplôme de docteur en médecine

JURY :

Présidente du jury : Madame le Professeur Florence ASKENASY

Assesseur : Monsieur le Professeur Jean Paul FOURNIER

Assesseur : Monsieur le Professeur Philippe Robert

Directrice : Madame le Docteur Sylvie Serret

Madame le Professeur ASKENASY,

Vous me faites l'honneur de présider notre jury.

Merci de m'avoir guidé tout au long de ce projet de thèse et pendant mon internat. Votre exigence m'a permis d'enrichir mes connaissances et m'a donné le gout de la recherche clinique.

Veuillez trouver ici l'assurance de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Professeur ROBERT,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

Merci pour votre enseignement à la faculté. Nos rencontres auront été des évènements marquant de mon internat.

Veillez trouver ici l'assurance de ma très haute considération.

Monsieur le Professeur FOURNIER,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

C'est un véritable plaisir que de clore avec vous cette formation médicale qui a véritablement débuté sous votre enseignement. Je me rappellerai de mon stage d'externat dans votre service et je suivrai votre exemple dans la relation aux malades.

Vous m'avez transmis la passion pour la pédagogie. Merci de votre confiance.

Soyez assuré de ma très grande reconnaissance et de mon plus profond respect.

Madame le Docteur SERRET,

Merci pour avoir dirigé ce travail et pour votre disponibilité à toute épreuve.

Votre rigueur et vos conseils m'ont permis de réaliser le rêve ancien de travailler sur la mémoire. Vous m'avez transmis de précieuses connaissances qui me serviront dans mon exercice futur.

J'espère de tout cœur pouvoir prolonger notre collaboration dans l'avenir.

A mes parents pour leur confiance

A Anne si vivante et encourageante

A ma famille

A mes amis

A mes collègues et mes chers co-internes

De tout cœur merci.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	10
DEFINITIONS :	14
<i>Le TSA dans le DSM V (Freitag, 2014) :</i>	<i>14</i>
<i>Les différents types de mémoire</i>	<i>14</i>
<i>Les troubles attentionnels :</i>	<i>18</i>
<i>La cognition sociale :</i>	<i>20</i>
<i>l'apprentissage :</i>	<i>21</i>
<i>Le traitement de l'information :</i>	<i>22</i>
CONSEQUENCE D'UNE EVENTUELLE ATYPICITE DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION SUR L'APPRENTISSAGE DE LA COGNITION SOCIALE :	23
<i>Définition de la complexité d'une information, notion de dynamique :</i>	<i>24</i>
<i>La motivation sociale :</i>	<i>27</i>
HYPOTHESE PRINCIPALE	29
HYPOTHESE SECONDAIRE :	29
POPULATION ET METHODE	30
POPULATION :	31
<i>Outils d'évaluation :</i>	<i>32</i>
<i>Evaluation de la population TSA :</i>	<i>32</i>
<i>Evaluation de la population typique :</i>	<i>33</i>
METHODE :	34
<i>Description de la tâche principale :</i>	<i>34</i>
DEROULEMENT PASSATION :	45
DEROULEMENT DE L'ETUDE :	49
ELEMENTS ETUDIES :	51
CRITERES DE JUGEMENT:	51
RECUEIL DE DONNEE :	52
ANALYSE STATISTIQUE :	54
<i>Analyse de la population :</i>	<i>54</i>
<i>Analyse du matériel sémantique :</i>	<i>56</i>
<i>Analyse des scores de rappel :</i>	<i>58</i>
MODALITES ETHIQUE :	61
CONTEXTE DE PARTENARIAT :	62
RESULTATS	64
DESCRIPTION DE LA POPULATION :	65
ANALYSE DU MATERIEL SEMANTIQUE :	68
ETUDE DE L'IMPACT DES VARIABLES EXPERIMENTALES SUR LES PERFORMANCES DE RAPPEL.....	69
<i>Résultats de l'analyse par ANOVA :</i>	<i>69</i>
<i>Résultat du critère de jugement secondaire :</i>	<i>71</i>
<i>Analyses complémentaires :</i>	<i>72</i>
<i>Comparaison intra-groupe :</i>	<i>75</i>

<i>Résultat de l'indice du critère de jugement (différence CI – CIII) en rappel immédiat et différé total.....</i>	<i>75</i>
DISCUSSION.....	80
DISCUSSION DES SCORES DE RAPPEL :.....	81
SCORE DE RAPPEL A 30 MINUTES:.....	81
<i>Discussion de l'analyse complémentaire :</i>	<i>83</i>
LA COMPLEXITE DE L'INFORMATION :.....	85
DISCUSSION DE L'EFFET VALENCE EMOTIONNELLE :.....	88
EVALUATION DE LA COGNITION SOCIALE :.....	89
DISCUSSION DES BIAIS POTENTIELS ET LIMITES DE L'ETUDE :.....	90
CONCLUSION.....	97
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	100

INTRODUCTION

Nous devons à Kanner (KANNER, 1951) l'identification nosologique du syndrome autistique et donc sa distinction des troubles psychotiques en 1943. Cette pathologie nommée auparavant psychose infantile ou dysharmonie du développement était fréquemment confondue avec la schizophrénie précoce. Cependant la classification des troubles autistiques est encore de nos jours discutée et fréquemment remaniée. Les versions successives du *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (DSM) [DSM III, DSM IV DSM V] (American Psychiatric Association, 1994) l'attestent.

Les troubles du spectre autistique (TSA) (APA, 2014) sont un continuum nosologique.

Leur prévalence est estimée à environ 60 pour 10 000 chez l'enfant. Le sex-ratio est de deux hommes pour une femme (Levy, Mandell, & Schultz, 2009).

La prévalence a augmenté depuis les études épidémiologiques menées dans les années 60 (Fombonne, 2005). Pour (Cohen, 2012) ceci serait dû à l'élargissement des critères diagnostiques. Actuellement le diagnostic de trouble envahissant du développement (TED) décrit dans le DSM IV serait de 20 pour 10 000, ce qui laisse supposer que la majorité des patients auraient reçu un diagnostic de TED non spécifique (Cohen, 2012). Il n'y a pas encore d'étude épidémiologique suivant la nouvelle classification du DSM V. Nous ne pouvons donc pas complètement conclure sur la prévalence du TSA. L'ordre de grandeur est cependant assez élevé pour qu'il soulève un réel problème de santé publique.

Les difficultés d'apprentissage sont un point commun dans tous les TSA quelle que soit la forme clinique. Elles apparaissent précocement. Elles touchent entre autre la cognition sociale (Barendse et al., 2013; Klin, Jones, Schultz, & Volkmar, 2003; Nemeth et al., 2010; Young et al., 2011a).

Nous supposons que dans cette population, le traitement de l'information n'est pas le même que dans la population avec un développement typique. Plusieurs observations cliniques et scientifiques suggèrent en effet que les personnes avec TSA perçoivent mieux les détails (Bernardino et al., 2012; Deruelle C, Rondan C, Fagot J, 2005; Gonzalez-Gadea et al., 2014; Happé & Frith, 2006; Marcelli.D, 2008) que les personnes typiques au même âge. Elles auraient un traitement de l'information diminué comparé aux personnes avec un développement typique pour des stimulations d'origines multi-sensorielles. Ces hypothèses sont issues d'observations cliniques et neurophysiologiques (Brandwein et al., 2014; Stevenson et al., 2014).

Dans le but de mieux comprendre certains aspects des difficultés d'apprentissage de la cognition sociale dans les TSA, nous avons voulu explorer les capacités mnésiques à travers la restitution d'informations verbales en mettant en place un protocole de mémorisation de listes de mots. En effet, il n'est pas possible d'explorer directement le traitement de l'information. Nous voulons donc évaluer indirectement les capacités mnésiques sémantiques à long terme des sujets avec TSA comme il est actuellement effectué dans le test de Grober et Buschke (Grober & Kawas, 1997).

Pour cela, nous avons créé une tâche spécifiquement adaptée aux particularités de cette pathologie.

A partir des performances de rappel, nous voulons évaluer la qualité du traitement de l'information. Nous tenterons de déterminer comment d'éventuelles atypies du traitement de l'information sociale peuvent influencer l'apprentissage de la cognition sociale.

DEFINITIONS :

LE TSA DANS LE DSM V (FREITAG, 2014) :

Le diagnostic de TSA dans la nouvelle classification requiert l'observation de deux critères principaux : (A) trouble de la communication sociale, (B) comportements répétitifs et intérêts restreints. Chacun des deux critères est décliné en plusieurs sous-critères qui doivent être manifestes au moment du diagnostic, ou avoir été présents dans le passé. Il y a trois critères secondaires (C), (D), (E).

Les deux critères principaux sont gradués en terme de sévérité par le niveau de prise en charge qu'il nécessite (faible, important, très important).

Parallèlement cette nouvelle classification introduit la notion de « specifiers » traduit par « spécificateurs ». Les spécificateurs servent à préciser si le TSA est accompagné ou non par une déficience intellectuelle, un déficit du langage, un problème médical, génétique ou un facteur environnemental. Enfin, il faut préciser si les troubles sont associés à un autre trouble neurodéveloppemental, mental ou comportemental (TDAH, anxiété, Tics,...) et s'il est accompagné par une catatonie.

LES DIFFERENTS TYPES DE MEMOIRE

L'exploration de la mémoire est un défi majeur pour la compréhension du fonctionnement du cerveau humain. Son décodage permettrait aussi d'éclairer nombre de comportements et de pathologies psychiatriques

(Dewhurst & Robinson, 2004; Houdart, 2006; Squire, 2004). La mémoire a beaucoup été étudiée au 20^{ème} siècle. Les avancées sur la connaissance de son fonctionnement sont encore limitées aux niveaux cellulaire et microscopique (E. R. Kandel, 2002a, 2002b; E. Kandel, 2005).

De nombreux modèles psychologiques ont été bâtis. Nous avons choisi de nous baser sur ceux qui sont les moins controversés et sur lesquels s'appuient les articles de notre revue de la littérature sur le TSA.

Modèle de Tulving :

Selon Tulving (Tulving, 1985), il y a cinq types de mémoire selon le modèle Sériel parallèle indépendant (SPI):

- Procédurale, elle regroupe les capacités praxiques (conduire une voiture) et le conditionnement.
- De travail, elle permet de mémoriser des informations perçues sur une courte période elle permet de maintenir ces éléments conscients pour qu'ils soient traités. Sa capacité est faible.
- Système de représentation perceptif, il est la mémoire des sensations (odeur, sons, vision, etc.).
- Episodique, elle contient les souvenirs biographiques des événements vécus au cours de la vie. Elle est durable et de très grande capacité.

- Sémantique, elle regroupe les souvenirs sous forme explicite, ce sont des notions objectives (date de naissance, noms, faits historiques).

Modèle de Baddeley :

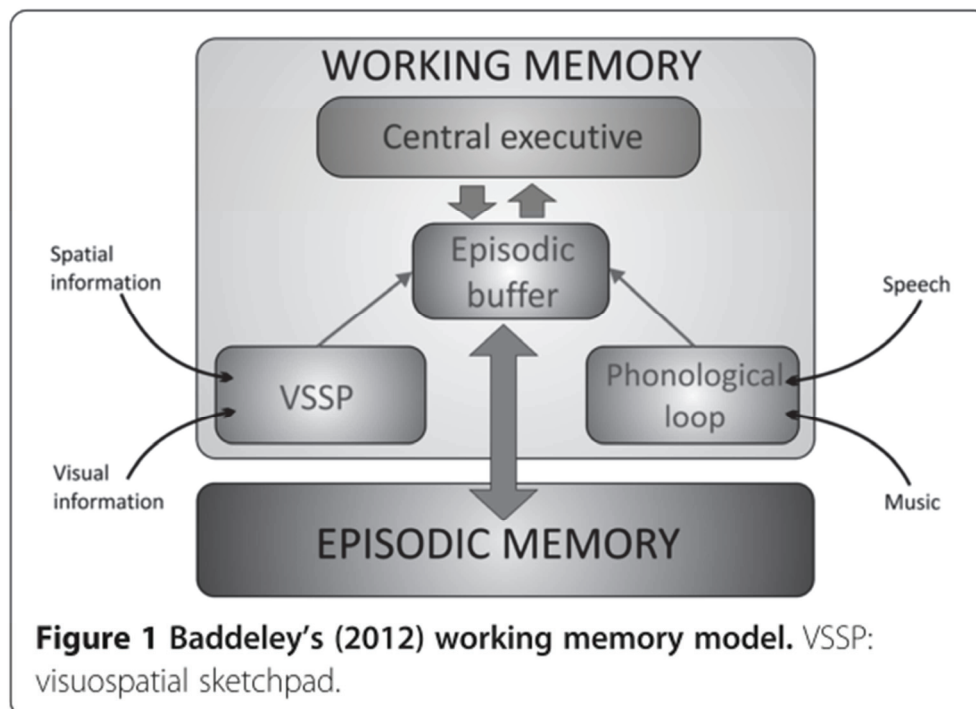
Au niveau sémantique les mots perçus passent dans une « *boucle phonologique* » ou « *Phonological loop* » (Baddeley, 2000). Il s'agit d'une composante de la mémoire de travail (Working memory) spécialisée dans le traitement de l'information verbale théorisée en 2000. Elle serait reliée à « *l'entrepôt tampon* » ou « *Episodic Buffer* » où les mots sont stockés à court terme.

Une information verbale ou sonore (musique principalement) est perçue par l'appareil sensoriel, puis elle rentre dans la boucle phonologique. Le terme boucle vient du fait que les informations peuvent être rapidement échangées avec l'*Episodic Buffer* qui est, comme son nom l'indique, l'interface entre la mémoire de travail et la mémoire épisodique. Dans ce Tampon se trouve le système de répétition (non représenté sur le schéma) permettant de répéter mentalement son contenu (Dehaene-Lambertz, 2012). De fait, cette répétition mentale permet de maintenir l'information à la conscience. Si on arrête de la répéter elle disparaît rapidement c'est pourquoi les auteurs postulent qu'elle appartient à la mémoire de travail. Le tampon aurait une capacité limitée et les mots qui y sont stockés pourraient passer dans la mémoire épisodique pour être conservés durablement.

La boucle phonologique serait importante dans l'apprentissage du langage (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998; Coady, Mainela-Arnold, & Evans,

n.d.; Rodríguez-Fornells, Cunillera, Mestres-Missé, & de Diego-Balaguer, 2009). Dans notre expérience nous voulons ainsi tester la mémoire de travail et la mémoire épisodique. Pour cela nous allons demander un rappel de listes de mots, immédiatement après audition et trente minutes plus tard.

Figure 1 (Barendse et al., 2013)



Cette figure présente schématiquement la boucle phonologique décrite plus haut et le « *visuospatial sketchpad* » ou « *calepin visuospatial* » qui serait le pendant visuel de la boucle phonologique. Notre expérience ne fait pas appel à la mémorisation d'informations visuelles.

Mémoire émotionnelle :

Pour la mémoire émotionnelle, il n'existe pas de modèle clairement défini. Il y a un débat concernant l'influence de la valence émotionnelle sur les capacités

mnésiques. Dans la population avec un développement typique, la tendance actuelle est de considérer que la valence émotionnelle positive favorise la restitution mnésique comparé à un matériel neutre (a. Syssau & Monnier, 2012). Dans les TSA, la question est encore débattue. Certains auteurs affirment que la valence positive n'a pas d'effet sur le rappel en population TSA (Boucher, Mayes, & Bigham, 2012), (Shalom, 2003), (Maras, Gaigg, & Bowler, 2012), (Beversdorf et al., 1998; Gaigg & Bowler, 2008), d'autres suggèrent qu'un effet positif est visible comme en population générale (Majerus & D'Argembeau, 2011). Une revue de la littérature sur le sujet ne permet pas de conclure pour le moment (A. Gras-Vincendon, Bursztejn, & Danion, 2008). Il semble en revanche que la valence émotionnelle négative n'influence pas le rappel dans le TSA (Deruelle, Hubert, Santos, & Wicker, 2008) alors qu'elle l'améliore chez les individus typiques (Deplus, Grégoire, & Van Broeck, 2013; Talmi, Luk, McGarry, & Moscovitch, 2007). Nous n'étudierons pas ici la valence négative car de plus en plus d'auteurs considèrent qu'elle emprunte une voie de traitement à part, plus archaïque (Chaminade & Okka, 2013) et donc non comparable.

LES TROUBLES ATTENTIONNELS :

La mémoire se décompose en : encodage, stockage et récupération (Tulving, 1985). Or, l'encodage nécessite le bon fonctionnement de l'attention. Si l'individu n'est pas attentif aux informations délivrées il ne pourra pas encoder et donc pas stocker les informations. Différents types d'attention sont couramment définis : la vigilance, l'attention soutenue, l'attention divisée et

l'attention sélective (Purper-Ouakil, Wohl, Cortese, Michel, & Mouren, 2006).

Définitions (Douglas Virginia I., 1979; Thiebaut de Schotten et al., 2005):

- Vigilance : état de préparation permettant de détecter et de réagir à certains changements discrets apparaissant à des intervalles de temps variables au sein de l'environnement.
- Attention soutenue : Capacité à maintenir une performance sur une longue période de temps qui dépend du maintien de la vigilance.
- Attention divisée : Traitement simultané de plusieurs tâches ou informations.
- Attention sélective : Action de centrer volontairement ses mécanismes de perception sur un stimulus particulier et de traiter activement cette information en négligeant les autres stimuli.

Dans le TSA, on retrouve des troubles attentionnels plus fréquemment qu'en population générale (Taurines et al., 2012). Des troubles attentionnels sont observés dans environ 70 % de la population avec TSA et un TDAH caractérisé serait retrouvé chez environ 30 % de ces individus (Andersen, Hovik, Skogli, Egeland, & Oie, 2013).

Des répercussions des troubles de l'attention s'observent sur les fonctions exécutives (inhibition, flexibilité, planification). Les auteurs (Maister, Simons, & Plaisted-Grant, 2013; Andersen et al., 2013; Semrud-Clikeman, Walkowiak, Wilkinson, & Butcher, 2010; Vélez-van-Meerbeke et al., 2013) suggèrent que ces troubles retentiraient sur les capacités mnésiques des

individus en général et particulièrement chez les individus avec TSA et troubles attentionnels associés.

LA COGNITION SOCIALE :

On désigne actuellement sous le terme de « cognition sociale » le domaine de la psychologie qui s'intéresse à l'ensemble des cognitions (perception, mémorisation, raisonnement) impliqués dans les interactions sociales : interagir de manière adaptée avec un environnement en perpétuel changement, soutenir des conversations riches en messages implicites, s'engager dans des relations interpersonnelles, comprendre et respecter les codes culturels (Klin, 1991; Zalla, Sav, Stopin, Ahade, & Leboyer, 2009).

On distingue trois grands axes dans la cognition sociale :

- La perception des émotions (Affect Perception) : il s'agit de la reconnaissance faciale des émotions (colère, joie, tristesse, peur...), ou de celles véhiculées par le langage, par l'intonation prosodique.
- La théorie de l'esprit (Theory of Mind) qui désigne la capacité d'attribuer à l'autre des intentions, des désirs, des croyances.
- Le style d'attribution (Attributional Style), concerne l'attitude innée qui consiste à attribuer à un événement une cause particulière : comment l'homme perçoit et analyse son environnement.

Les situations de la vie quotidienne nécessitent des compétences complexes comme la capacité à attribuer des intentions et des émotions aux autres à partir de simples indices périphériques ou la capacité à se syntoniser et à partager l'expérience émotionnelle des autres (Speranza, 2009). La cognition sociale est jugée nécessaire mais pas suffisante pour le développement de la socialisation. En effet, on observe des troubles de celle-ci (Théorie de l'esprit, reconnaissance des émotions) dans le TDAH (Taurines et al., 2012). Le TSA n'est donc pas la seule pathologie où on retrouve un déficit en cognition sociale (Etienne, Braha, & Januel, 2012; M. Miller, Hanford, Fassbender, Duke, & Schweitzer, 2011).

L'APPRENTISSAGE :

Dans les difficultés des individus avec TSA, on retrouve fréquemment un retard de développement du langage, la motricité fine (comme la graphie), et l'acquisition de la cognition sociale. Celles-ci apparaissent précocement.

Nous supposons que les problèmes d'apprentissages proviennent en partie d'atypie dans le traitement de l'information. Les tâches mnésiques sollicitant certaines voies de traitement de l'information défectueuse seraient alors perturbées.

Plusieurs études ont trouvé des spécificités en testant la mémoire dans le TSA :

- Un déficit de la mémoire épisodique (Bowler, Gaigg, & Gardiner, 2014)

- Une mémoire de travail altérée pour les données complexes (histoires, images) (Mammarella, Giofrè, Caviola, Cornoldi, & Hamilton, 2014) (Beversdorf et al., 1998; D. M. Williams, Jarrold, Grainger, & Lind, 2014; J. H. G. Williams et al., 2006)
- Une mémoire de travail conservée et parfois supérieure aux sujets sains pour les données simples (chiffres, lettres et mot) (Bowler et al., 2014) (Bowler, Gaigg, & Gardiner, 2010)(Lind & Bowler, 2009).

Cependant les données de la littérature sont discordantes, particulièrement dans le domaine de la mémoire épisodique (A. Gras-Vincendon et al., 2008).

LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION :

La mémorisation suppose un encodage (Brezis, Galili, Wong, & Piggot, 2014). Il s'agit d'un placement de l'information dans la mémoire de travail. Cependant en amont de l'encodage l'information doit être traitée. Nous supposons que les différents types d'information (visuelle, auditive, sémantique) utilisent chacun un canal de traitement différent (Barendse et al., 2013; Bowler et al., 2014; Chen, 2009; Sumiyoshi, Kawakubo, Suga, Sumiyoshi, & Kasai, 2011). Le schéma de la mémorisation serait : une perception sensorielle puis un traitement de l'information empruntant un canal dédié selon sa nature et enfin un placement dans la mémoire de travail. Par la suite, un stockage et la récupération de l'information interviendraient. La capacité de traitement de l'information doit donc être opérante.

Les capacités mnésiques des individus avec TSA semblent, comme nous l'avons vu, aussi performantes que celles des sujets typiques pour les informations simples et notamment pour un matériel sémantique (Beversdorf et al., 1998; Lind & Bowler, 2009; Massand & Bowler, 2013).

En revanche les performances des individus avec TSA diminuent quand les informations se complexifient (visage, image, histoire) (D. L. Williams, Goldstein, & Minshew, 2006). La restitution d'une histoire pose plus de difficultés que pour les individus typiques (Beversdorf et al., 1998). Le rappel d'éléments autobiographiques est moins riche (Bon et al., 2012). Les restitutions de tâches visuo-construtrices sont altérées (Mammarella et al., 2014; D. M. Williams et al., 2014). La reconnaissance de visages est plus faible (Barendse et al., 2013; Boucher et al., 2012).

Ceci suggère une atypie dans le traitement de l'information. Particulièrement, une préservation du traitement des informations simples.

CONSEQUENCE D'UNE EVENTUELLE ATYPIE DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION SUR L'APPRENTISSAGE DE LA COGNITION SOCIALE :

Nous avons vu que les sujets avec TSA présentaient des déficits dans la cognition sociale (Bon et al., 2012; Brezis et al., 2014; Matthews, Behne, Lieven, & Tomasello, 2012; Sumiyoshi et al., 2011). Ils privilégient la perception des détails (analyse locale) plutôt que la globalité (analyse configurale) (Deruelle C, Rondan C, Fagot J, 2005), (Tantam D, Monaghan L, NicholsonH, 1989), (Weeks SJ, 1987), (Pollick FE, Hill H, Calder A, 2003).

Ces auteurs suggèrent que dans le TSA il y aurait une difficulté à traiter un ensemble de plusieurs informations.

Nous ne savons pas dans quelle mesure ces atypies de traitement affectent la mémorisation et plus particulièrement dans le domaine des stimuli sociaux dynamiques (séquences audio et vidéo de personne).

DEFINITION DE LA COMPLEXITE D'UNE INFORMATION, NOTION DE DYNAMIQUE :

La complexité est une notion qu'il faut définir. Doit-elle être comprise comme le nombre de détails à mémoriser ou la diversité des voies cognitives qu'elle emprunte ? Plusieurs études ont prouvé que les individus avec TSA ont des résultats équivalents aux sujets typiques pour la mémorisation d'information simple (Beverdors et al., 1998). Une étude montre même leur supériorité (Toichi & Kamio, 2002). Pourtant quand il faut restituer une information plus riche avec de nombreux détails leur performance chute. Nous proposons de définir la complexité d'une information par le nombre de canaux de traitement qu'elle emprunte car dans le domaine de la cognition sociale les informations sont souvent multimodales. Pour exemple, quand deux personnes se rencontrent, le nombre d'information à traiter est important. Il faut traiter les informations verbales émises, l'expression du visage, la gestuelle, le contexte social de la rencontre (professionnel, familial, amical, etc.), le contexte émotionnel de la rencontre (joyeux, neutre, triste), etc. De plus il faut prendre en compte que ces informations sont dynamiques (flux d'information verbal et visuel).

Les expressions du visage peuvent changer de même que le contexte émotionnel ou le ton de la voix. Dans ces situations d'interactions, les individus avec TSA commettent parfois des faux pas ou des réactions inadaptées, suggérant que la somme des informations n'a pas été traitée de façon adéquate (Ahmed & Stephen Miller, 2011; Spek, Scholte, & Van Berckelaer-Onnes, 2010; Zalla et al., 2009).

Ces différentes informations émises par l'interlocuteur sont traitées par différentes fonctions cognitives : traitement verbal (Gervain & Mehler, 2010), traitement visuel (Reuter et al., 2009), flexibilité (de Vries & Geurts, 2012), mémoire épisodique (Toichi & Kamio, 2002). Certains auteurs suggèrent aussi que toutes ces fonctions cognitives sont régulées par une fonction supplémentaire appelée cohérence centrale (Happé & Frith, 2006) mais ce dernier aspect est actuellement discuté concernant les individus avec TSA (Frith, 2012) (Noens & van Berckelaer-Onnes, 2007).

Dans le domaine du traitement émotionnel de l'information, il est connu que la valence émotionnelle modifie les performances de restitution mnésique chez les sujets au développement typique (Beverdors et al., 1998)(Gaigg & Bowler, 2008). Une valence émotionnelle positive serait à même de favoriser la récupération d'information pour un grand nombre d'auteurs (Ferrand, Ric, & Augustinova, 2009; Gobin & Mathey, 2010). Selon Schmidt (Schmidt, 1991), les mots émotionnels seraient distincts des mots neutres parce qu'ils activent dans la mémoire permanente des traits sémantiques moins « usuels » que les traits sémantiques des items neutres. Ainsi, dans un contexte expérimental, lorsqu'un item émotionnel est présenté à côté d'items neutres dans une liste

expérimentale mixte (i.e., composée d'items neutres et émotionnels), sa distinctivité le rend saillant par rapport aux items neutres ce qui provoquerait une meilleure restitution. Mais ce n'est pas la seule explication pour (Ferrand et al., 2009; Gobin & Mathey, 2010; a. Syssau & Monnier, 2012) il existerait un système affectif à part. Ce système affectif serait spécialisé dans le traitement de la signification émotionnelle et permettrait d'extraire très rapidement la signification émotionnelle du mot. Il pourrait faciliter l'activation des représentations sémantiques des mots émotionnels et conduirait à un traitement plus profond de ces mots. Ces hypothèses sont émises à propos des enfants à partir de 7 ans sans trouble neurodéveloppemental. Nous voudrions étudier si cet aspect s'observe également dans les TSA. La comparaison entre les performances des individus avec TSA et celles des individus typiques pourrait nous éclairer sur l'aspect spécifique du traitement des informations émotionnelles.

Enfin nous avons supposé que le traitement de chacune de ces informations doit être dynamique. Il s'agirait du traitement de plusieurs flux d'informations, comme on peut le voir dans un film, plutôt que d'un traitement d'informations fixes concomitantes, comme on peut le voir sur une photo.

Les performances des individus avec TSA ne seraient pas diminuées dans la restitution d'une liste de mot (Beverdors et al., 1998; Lind & Bowler, 2009; Massand & Bowler, 2013).

Nous supposons donc que les performances des individus avec TSA sont modifiées quand plusieurs canaux de traitement de l'information sont sollicités simultanément. Selon Ben Shalom (Shalom, 2003) le cortex préfrontal médian

faillit à la tâche de synthèse des différentes voies. Ce qui expliquerait les meilleures performances des sujets sains pour la mémorisation de telles informations.

Nous proposons de définir trois grades de complexité lors de l'audition d'une série de mots :

- Le traitement de information verbale seule.
- Le traitement de information verbale et visuelle statique.
- Le traitement de l'information verbale et visuelle dynamique.

Nous allons étudier le traitement de l'information lorsque différents canaux sont sollicités pour la mémorisation.

Nous postulons que le traitement de l'information est différent pour les individus Typique TSA. Cette différence participerait aux difficultés d'apprentissage de la cognition sociale dans les TSA.

LA MOTIVATION SOCIALE :

Un grand nombre d'études a comparé les performances de population TSA et Typique en présence de stimuli sociaux et non-sociaux. (Abrams, Uddin, & Menon, 2013; Ewing, Pellicano, & Rhodes, 2013; Lin, Rangel, & Adolphs, 2012; Stavropoulos & Carver, 2014). Elles suggèrent que les stimuli sociaux génèreraient une récompense « social reward » au niveau cognitif. Cette récompense s'observerait sous la forme d'une amélioration de la motivation et donc des performances pour les stimuli sociaux versus non-sociaux dans la

population Typique. Cet effet ne serait pas visible en population TSA. Ces études comparent les réactions des deux populations en présence de formes géométriques ou de photos d'objets et les comparent aux réactions en présence de photo de visage de bite.

Ce mécanisme serait basé sur le fonctionnement de l'hypothalamus médié par l'ocytocine (neurotransmetteur) (Chaminade, Meltzoff, & Decety, 2005; Kosaka et al., 2012; Stavropoulos & Carver, 2013).

Nous n'avons pas trouvé d'étude similaire à la notre comparant les performances dans une situation de mémorisation de listes de mot. Mais l'étude d'Ewing 2013 (Ewing et al., 2013) suggère que le « social reward » serait associé à la réalisation d'efforts supplémentaires au cours d'une tâche où il fallait observer des photos de visages humains, de visages renversés et de voitures. Ces observations ont été faites sur des enfants de 8 à 15 ans, Typiques et avec TSA. Les individus Typiques fourniraient plus d'efforts pour des stimuli sociaux (visages) alors que les individus TSA fourniraient plus d'efforts pour des stimuli non-sociaux (voitures).

Dans notre étude nous allons comparer les réponses à trois stimuli qui ont des composantes sociales différentes. Les informations verbales seules ont la composante sociale la plus faible car on entend une personne parler mais on ne la voit pas. Les informations verbales un associées à un visuel statique on une composante supérieure. Enfin les informations verbales associées à un visuel dynamique ont la composante sociale la plus élève car on entend la personne et on la voit parler.

HYPOTHESE PRINCIPALE

La sollicitation de plusieurs canaux de traitement de l'information simultanés (sonore et visuelle statique/animée) affecte positivement la restitution sémantique à long terme chez les sujets avec un développement typique et alors qu'elle n'affecte pas les sujets avec TSA.

HYPOTHESE SECONDAIRE :

La valence émotionnelle attenante à chaque mot a un impact sur les performances mnésique chez les individus au développement typique et chez les sujets avec TSA.

POPULATION ET METHODE

Il s'agit d'une étude multicentrique interventionnelle exploratoire et comparative.

POPULATION :

L'étude comportait deux groupes expérimentaux.

Dans le premier nous avons sélectionné 19 enfants entre 7 et 13 ans présentant un TSA d'après les critères du DSM V. La population était multicentrique répertoriée dans la file active du CRA de Nice. Elle provenait de l'hôpital de jour « La Caravelle » à Nice, du centre de jour « Les noisetiers » à Saint Raphaël, du Centre hospitalier de Fréjus et du CRA de Nice.

Les critères de sélection étaient : un diagnostic de TSA (ADI ou ADO-S), l'absence de retard mental (QIT >70), un niveau lexical supérieur ou égal à un âge de sept ans (calculé par le test EVIP), être francophone et avoir donné son consentement.

Dans le second groupe nous avons sélectionné 19 enfants entre 7 et 13 ans sans troubles du développement comme population témoin. L'appariement est réalisé individuellement sur l'âge à 6 mois près. La population était multicentrique recrutée dans les écoles et dans un service pédiatrique de l'hôpital Lenval (CHU Nice).

Les critères de sélection étaient l'absence de trouble psychologique au sens du DSM V, être francophone et avoir donné son consentement.

Les critères de non inclusion dans les deux populations étaient la présence de pathologies génétiques, neurologiques ou neurosensorielles (auditives et visuelles).

Les critères d'exclusion pour les deux groupes étaient le retrait par l'enfant ou un parent du consentement éclairé et la non réalisation totale ou partielle de la tâche de mémorisation.

OUTILS D'EVALUATION :

EVALUATION DE LA POPULATION TSA :

L'évaluation consistait à la passation de plusieurs tests neuropsychologies lors de la première visite par une neuropsychologue, expérimentatrice associée, qui avait l'expérience de ces tests. Les deux échelles (auto-questionnaire) de dépistage étaient remises aux parents.

Les tests sont listés ci-dessous :

ECHELLE *WISC IV* (Grégoire, 2007)

ECHELLE *CMS* (Riccio, Garland, & Cohen, 2007) le sub-test de reconnaissance des visages a été utilisé.

ECHELLE *NEPSY* (Barron-linnankoski, n.d.) le sub-test de l'attention auditive des visages a été utilisé.

ECHELLE *EVIP* (Dunn, L.M., Theriault-Whalen, 1993)

EVALUATION DE LA POPULATION TYPIQUE :

Les tests ont été réalisés dans des conditions similaires et sont listés ci-dessous :

ECHELLE *CMS* (Riccio et al., 2007) le sub-test de reconnaissance des visages a été utilisé.

ECHELLE *NEPSY* (Barron-linnankoski, n.d.) le sub-test de l'attention auditive des visages a été utilisé.

ECHELLE *EVIP* (Dunn, L.M., Theriault-Whalen, 1993).

METHODE :

DESCRIPTION DE LA TACHE PRINCIPALE :

Matériel sémantique : sélection des mots

Le matériel sémantique a été tiré des résultats d'une étude de (a. Syssau & Monnier, 2012) qui présentait « l'influence de la valence émotionnelle positive sur la mémoire des enfants ». Dans cette étude, 50 mots (25 positifs et 25 neutres) étaient utilisés pour des tâches de rappel auprès d'une population d'enfants de 7 ans. Nous nous sommes fondé sur ces 50 mots car ils avaient été évalués par des enfants de la tranche d'âge que nous voulions étudier.

La valence émotionnelle de ces mots provenait de l'évaluation d'une base de donnée constituée auprès de 348 enfants âgés de 5 à 10 ans (Arielle Syssau & Monnier, 2009).

La valeur d'imagerie visuelle (capacité d'un mot à faire mentalement émerger une image) était déterminée dans les bases de donnée d'origine de (Bonin et al., 2003) c'est une valeur unique attenante au mot. Cette valeur est obtenue en interrogeant une population sur chaque mot à l'aide d'une échelle subjective en sept points (Desrochers & Bergeron, 2000).

Les mots de cette base de donnée étaient eux même tirés de deux bases de données validée et publiée (Bonin et al., 2003) et (A Syssau & Font, 2005).

Ces études étaient récentes et en français, ce qui compte pour la fiabilité des valences émotionnelles. Les valences émotionnelles et les valeurs d'imagerie

varient en fonction de l'âge et du sexe. Nous comptons étudier une population mixte. Nous avons donc choisi pour tous les mots leurs valeurs pour la tranche d'âge de 7 ans mixte (moyenne des résultats des filles et des garçons).

La fréquence lexicale provient de la base de donnée MANULEX. Elle s'exprime pour chaque mot en occurrences par million, extraite d'un corpus de 54 manuels scolaires de lecture. Elle est récente et libre d'accès (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004). Pour la fréquence lexicale, nous disposons de valeurs différentes selon chaque tranche d'âge, en effet les fréquences lexicale changent selon l'âge puisqu'elles sont calculées en fonction de la fréquence d'occurrence du mots dans les manuels scolaire pour un âge donné.

Dans le pool de départ de 50 mots nous voulions que les caractéristique sémantiques soient équivalentes pour « valence émotionnelle », « valeur d'imagerie » et fréquence lexicale ».

Il y avait 25 mots avec une valence émotionnelle positive. Elle était jugée positive par plus 75% des enfants de 7 ans évaluateurs.

Il y avait 25 mots avec une valence émotionnelle neutre. Elle était jugée neutre par plus 55 % des enfants de 7 ans évaluateurs. Seulement 5 mots avaient une évaluation « neutre » de plus de 75% dans l'étude d'origine. Nous avons besoin d'un échantillon plus grand c'est pourquoi nous avons baissé le seuil à 55%.

Nous avons choisi de fixer le nombre de mot à 12 car un nombre plus important nous aurait exposé trop fortement aux effets de primauté et de récence au sein de chaque liste (Glanzer & Cunitz, 1966; Postman & Phillips, 1965). Un nombre plus faible aurait rendu la tâche trop facile et non discriminante.

Nous voulions constituer 3 échantillons de 6 mots neutres et de 6 mots positifs chacun. Nous avons donc sélectionné 18 mots positifs dans le pool initial des 25 mots positifs et 18 mots neutres dans le pool initial des 25 mots neutres. Nous avons gardé, pour chaque groupe de valence, les 18 mots avec la fréquence lexicale la plus haute d'après la base MANULEX pour la tranche d'âge CP-CM2.

Les 18 mots positifs et neutres ont été réparti par tirage au sort en 3 listes de 6 mots chacune. A la fin chacune des listes avait un ratio de 50% de mot à valence émotionnelle positive et 50% de mot neutre, soit 6 et 6 par liste.

Tableau 1 Caractéristiques chiffrées des mots, par condition et pas valence émotionnelle, pour la valeur l'imagerie, la valence émotionnelle et la fréquence lexicale

	Valeur d'imagerie	Valence Neutre	Valence Positive	Fréquence Lexicale CP-CM2
Condition 1	Valeur subjective	(%)	(%)	(occurrence par million)
agneau	362	17	75	35,77
bain	106	22	78	78,18
balle	14	25	75	95,98
bonbon	41	3	84	12,11
cadeau	56	0	100	91,69
balançoire	225	17	75	11,54
barre	25	81	10	46,34
bouton	41	77	10	37,50
cercle	81	59	24	31,16
charrette	249	58	32	22,21
mur	204	62	31	65,18
table	226	77	13	52,76
Condition 2	Valeur subjective	(%)	(%)	(occurrence par million)
carte	75	3	86	153,02
cerf	71	11	89	12,43
château	86	14	81	199,24
crêpe	103	3	97	11,78
étoile	217	11	89	86,83
phoque	201	17	83	21,68
cuillère	215	65	26	24,89
jambe	134	56	38	36,95
pile	230	55	21	26,18
placard	271	69	24	29,84
poteau	243	55	31	11,07
tableau	301	58	33	218,11
Condition 3	Valeur subjective	(%)	(%)	(occurrence par million)
carotte	48	19	75	28,75

collier	153	10	83	46,91
fée	134	16	77	92,83
fraise	220	13	77	28,95
panda	370	3	93	5,12
piscine	232	0	100	90,81
chaise	53	63	28	79,31
cintre	116	58	36	0,56
fenêtre	257	68	26	180,53
lacet	168	78	11	5,18
règle	192	59	31	52,76
tronc	287	71	26	40,10

Indices correspondant chaque mots des trois conditions :

Nos indices sont des courtes phrases faisant référence à la catégorie sémantique du mot à retrouver. Ils ont été testés sur 20 enfants au développement typique entre 7 et 13 ans.

Pour valider un indice il fallait que le sens de la phrase soit compris par plus de 75 % des enfants.

De plus, nous avons vérifié que les d'indices n'induisaient pas le mot cible de façon systématique (indice évident). La réponse devait provenir du rappel et non d'une déduction logique. Les enfants, dont les mots cibles n'étaient pas communiqués, ne devaient pas pouvoir les deviner systématiquement. Nous avons fixé un seuil à 75 %. C'est à dire que les enfants, ne devinaient pas le mot que dans au moins 75 % des cas.

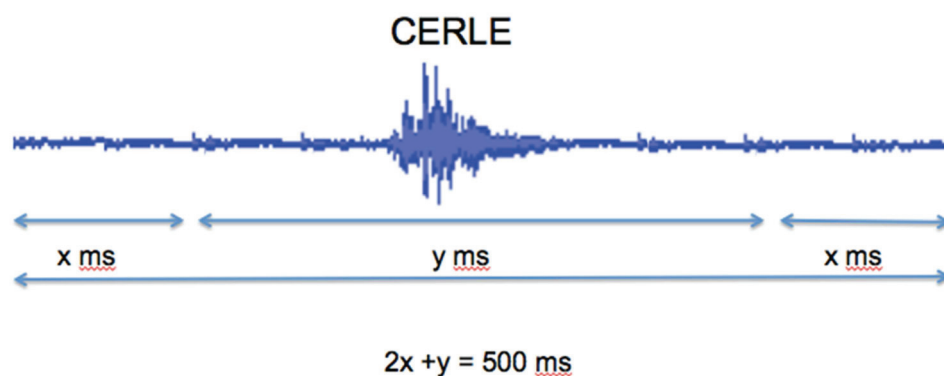
Tableau 2 présentation des listes d'indices pour chaque mots : (Ci-après)

Condition I	Indices	Condition II	Indices	Condition III	Indices
Agneau	Un animal blanc	Tableau	Un objet d'art	Fenêtre	On peut regarder à travers
Bonbon	On en mange à un anniversaire	Carte	Un jeu de société	Carotte	Un légume
Cercle	Une forme géométrique	Cuillère	Un objet pour manger	Lacet	Une partie d'une chaussure
Bain	Utile pour se laver	Placard	On y range les vêtements	Tronc	Une partie d'un arbre
Cadeau	Un objet emballé	Poteau	Un objet planté dans le sol	Cintre	Un objet dans une armoire
Balançoire	Présent dans un jardin d'enfant	Crêpe	Un dessert	Panda	Un animal noir et blanc
Table	Utile pour les repas	Phoque	Un animal qui nage	Règle	Un objet dans un cartable
Barre	Un objet long	Etoile	Se trouve dans le ciel	Collier	Un accessoire de mode
Charrette	Peut être tiré par un animal	Pile	Un objet électrique	Fée	Un être qui vole
Bouton	Pour fermer un vêtement	Château	Un grand bâtiment	Fraise	Un fruit
Mur	Pour construire une maison	Cerf	Un animal de la forêt	Chaise	On peut s'asseoir dessus
Balle	Un objet rond	Jambe	Une partie du corps	Piscine	Contient de l'eau

Matériel sonore :

La durée de la prononciation des mots (y) et des blancs avant (x) et après (x) est de 500 ms. Au sein de la séquence de 500 ms, le son des mots est centré. Le bruit de fond est atténué.

Figure ... Position du mot au sein du timing sonore :



Dans chaque condition, la liste de 12 mots est présentée avec un intervalle de 300 ms entre les mots. C'est un temps court permettant l'encodage mais suffisamment bref pour empêcher les stratégies de stockage (Faja et al., 2012) (Mammarella, Giofrè, Caviola, Cornoldi, & Hamilton, 2014). Cette durée était aussi utilisée dans des études similaires sur les capacités de mémorisation des autistes (Bowler, Gaigg, & Gardiner, 2014; Massand & Bowler, 2013)

L'acteur prononce des mots avec un ton neutre, déclaratif, sans *intension* particulière. Les syllabes sont décomposées mais la prononciation n'est pas hachée.

L'intensité était comparable à celle de la voix parlée.

Matériel visuel :

Un acteur est filmé en plan rapproché avec une caméra haute définition. L'image est traitée en noir et blanc dans un second temps. Les comblements droit et gauche de chaque côté de l'image sont de même gris que le fond de l'image.

Figure... Aspect du matériel visuel présenté dans la condition II et III représentant le visage de l'acteur prononçant les mots



Pour la condition I (audio pure), l'écran d'ordinateur présente un fond gris immobile, identique au fond présent sur les deux autres conditions.

Pour la condition II, une image fixe est présentée accompagnant chaque mot. Il s'agit de la même image pour chaque mot. La photo est tirée d'une séquence filmée. Elle montre un visage avec une expression neutre, yeux ouvert, bouche fermée. La bouche a été retouchée numériquement pour être droite et symétrique. L'acteur regarde l'objectif de la caméra comme il le ferait dans une interaction sociale.

Dans la condition III, chaque mot est présenté en vidéo. On visualise le visage de l'acteur avec le même cadrage qu'à la condition II, celui-ci prononce les mots avec une expression neutre également, pour les mots à valence émotionnelle positive et neutre.

La valence émotionnelle du matériel visuel a été évaluée auprès d'une population de 15 adultes sans trouble du spectre autistique.

La valence de la photo pour la condition II est jugée neutre par 94% de la population et négative pour 6% (1 participant).

La valence pour des vidéos pour la condition III est jugée neutre par 100% de la population.

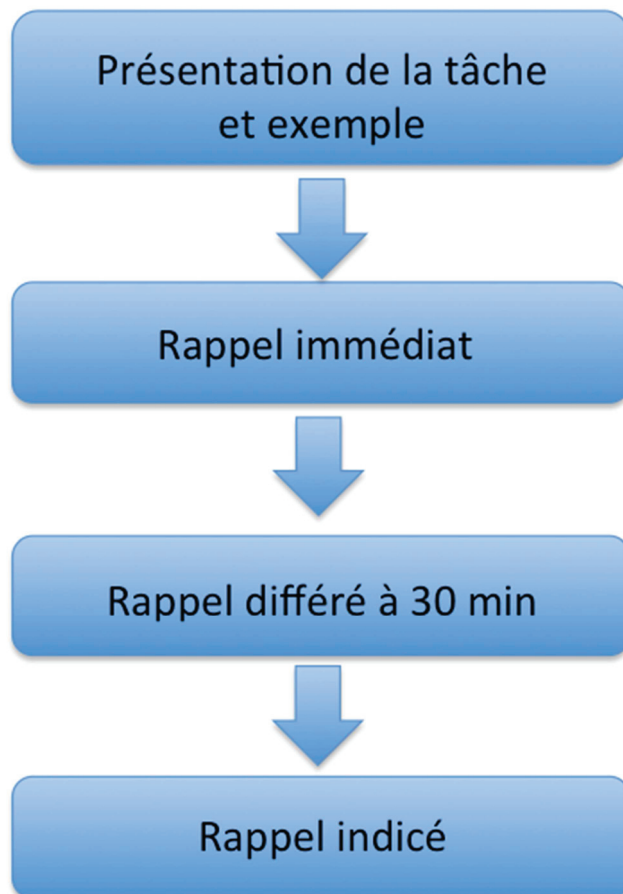
Matériel utilisé pour la passation :

Le matériel expérimental est présenté sur ordinateur Mac Book Air 13". Les paramètres sonores et de luminosité étaient fixés à l'identique pour tous les individus testés. L'écran était placé à 50 cm en face du visage. L'expérimentateur était assis à côté des individus.

DEROULEMENT PASSATION :

Le déroulement est schématisé dans la figure suivante. Elle durait 40 minutes environ.

Figure 2 : Déroulement général de la tâche



Il s'agit d'une tâche de mémorisation de 3 listes de mots, chacune étant une condition expérimentale. Puis de leur rappel immédiat, à 30 minutes et avec des indices.

Il y a 3 conditions expérimentales correspondant chacune à une liste de mot.

Présentation :

Une explication simple sur le déroulement de la première tâche était délivrée. Un exemple de trois mots, n'appartenant à aucune des listes est ayant une valence neutre étaient montrés pour vérifier que la consigne était comprise. Il s'agissait toujours des mêmes mots (école, manteau, matin) présenté respectivement sous la forme de la condition I puis II puis III. Les individus étaient donc familiarisés avec les trois conditions. Ensuite il était expliqué qu'après chaque liste, un rappel immédiat d'un maximum de mots serait demandé. Les individus étaient en revanche ignorants de l'épreuve de rappel à 30 minutes et de rappel indicé.

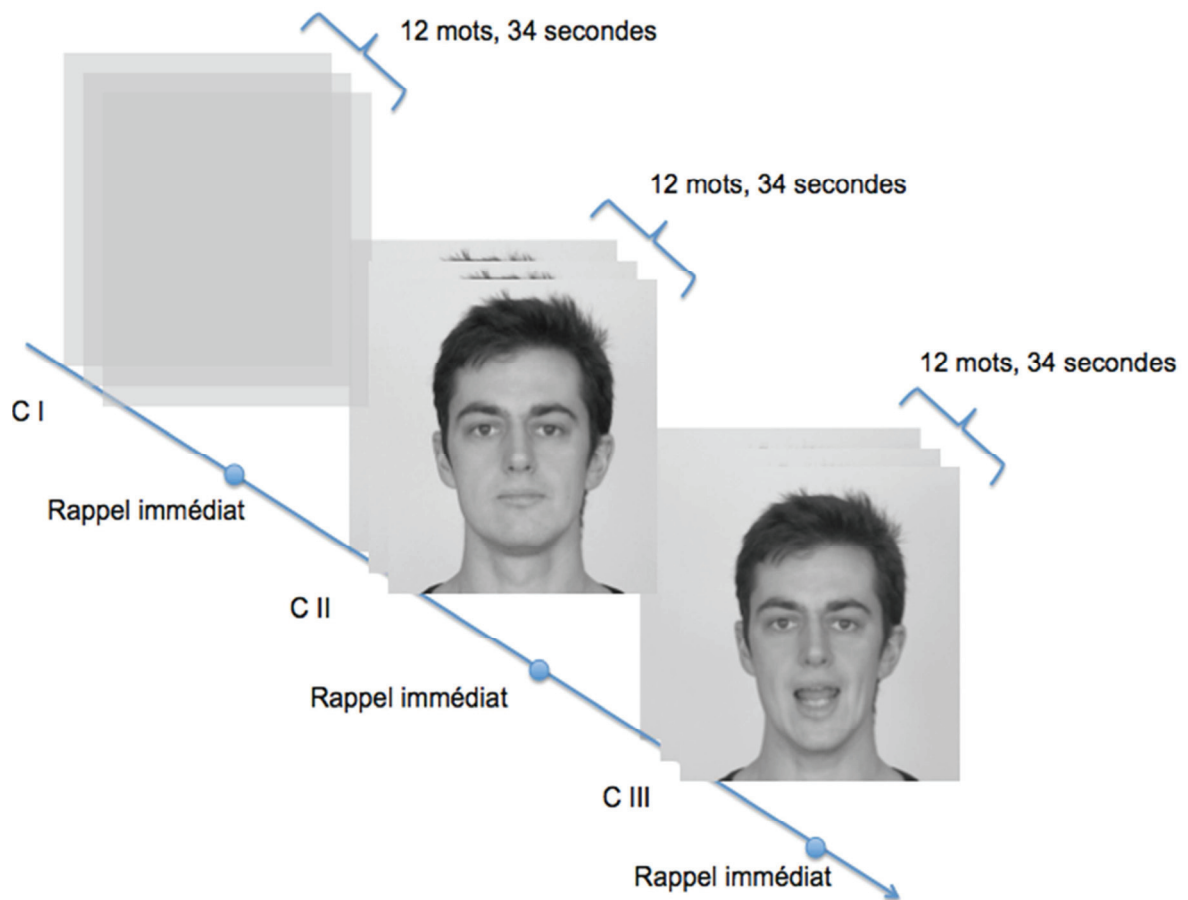
Rappels immédiats :

Les 3 conditions durent 34 secondes chacune.

Après présentation des conditions, il est demandé aux participants de se rappeler du maximum de mot possible. Un temps maximum de 1 minute était donné pour les différents rappels mais il n'y avait pas de chronomètre visible pour les sujets.

Entre les conditions une pause de quelque seconde non chronométrée était réalisée, il était demandé aux participants de signaler quand ils étaient prêts à passer à la condition suivante.

Figure 3 : détail du déroulement du rappel immédiat



Rappel différé :

Une pause de 30 minutes était imposée. Il était proposé aux participant de jouer à un jeu vidéo tout en discutant librement avec l'examineur. Le contenu de la tâche et le déroulement de l'étude n'étaient pas abordés pendant cette pause.

Puis un rappel différé du maximum de mot possible des trois conditions était demandé. Un maximum de 2 minutes était autorisé.

Rappel indicé :

Le rappel indicé consistait à donner les indices l'un après l'autre. Pour chaque indice les participants devaient fournir le mot correspondant. Une seule réponse était autorisée.

Un exemple était donné auparavant pour vérifier la compréhension de la consigne. Le mot de l'exemple n'appartenait à aucune des listes. Il était précisé qu'il ne fallait fournir qu'une réponse par indice.

DEROULEMENT DE L'ETUDE :

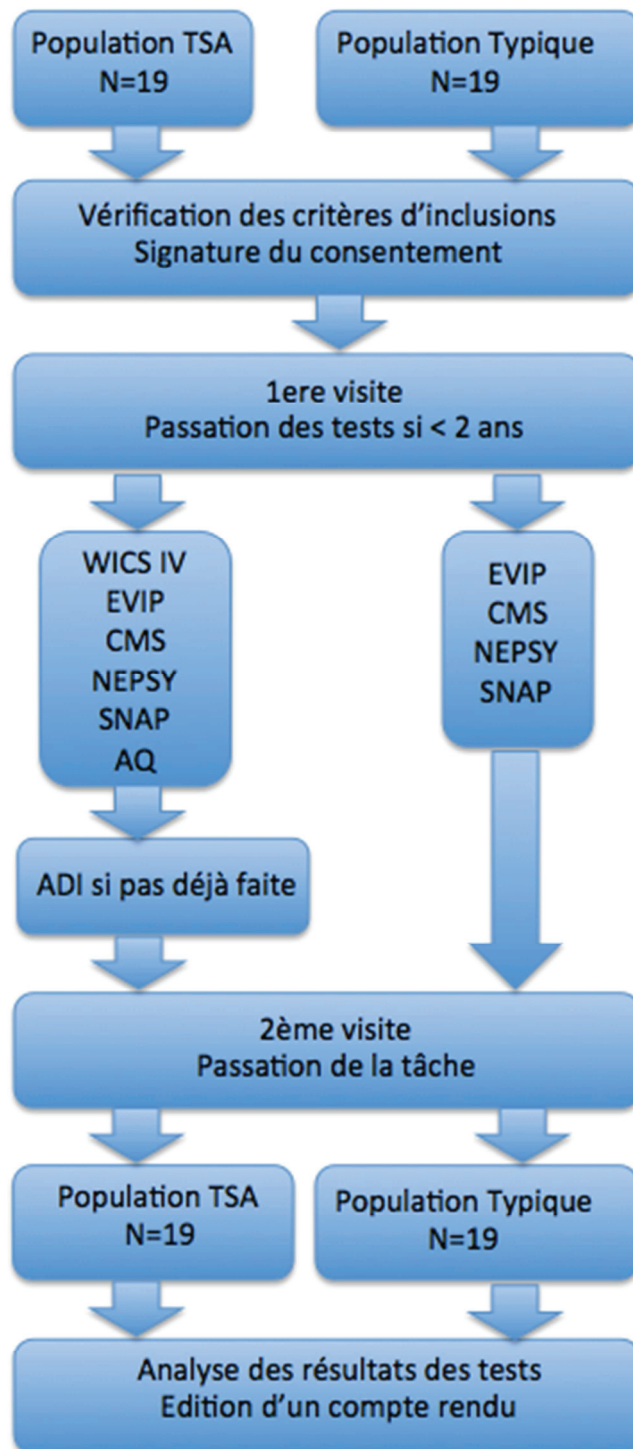
L'étude s'est déroulée sur 8 mois entre janvier et août 2014.

Pour les individus avec TSA, une participation à l'étude était proposée par le médecin en charge du patient s'il estimait qu'il présentait les critères d'inclusions. Une autre partie de la population a été contacté via le fichier du CRA de Nice. Tous les patients étaient recensés par le CRA.

Pour les individus typiques, des demandes étaient faites en pédiatrie auprès des enfants ayant un âge compatible pour l'appariement. Les critères d'inclusions étaient ensuite vérifiés au cours d'un entretien avec les parents et l'enfant. Une autre partie de la population a été recrutée dans les écoles partenaires.

Un compte rendu des résultats des tests était remis aux participants et noté dans le dossier médical des enfants hospitalisés. Le déroulement de l'étude est représenté par le schéma suivant :

Figure 4 Déroulement complet de l'étude :



ELEMENTS ETUDIES :

Nous voulons étudier les différences entre une population d'individu avec TSA et avec un développement typique sur quatre points.

(1) l'impact d'un stimuli neutre (condition I) versus social statique (condition II) sur la récupération d'information. Un traitement d'une information sonore et d'une information visuelle statique est nécessaire.

(2) l'impact d'un stimuli social statique (condition II) versus social dynamique (condition III) sur la récupération de l'information. Un traitement d'une information sonore, d'une information visuelle statique et dynamique est nécessaire.

(3) l'influence de la valence émotionnelle attenante à un mot influence sur les performances de restitution en terme de nombre de mot.

(4) les performances des individus en mémoire de travail (rappel immédiat) et en mémoire à long terme (rappel à 30 minutes et indicé).

CRITERES DE JUGEMENT:

Dans l'objectif de calculer si la condition expérimentale (format de présentation) à un effet sur le taux de rappel, nous proposons un critère de jugement principal qui sera :

La différence entre les scores de rappel à 30 minutes des mots proposés à la condition I et III, dans chacune des populations.

Le critère de jugement secondaires sera une comparaison effectuée entre le score de rappel des mots à la valence émotionnelle positive et des mots neutres dans chaque condition, aux trois temps (immédiat, 30 minutes et différé total).

RECUEIL DE DONNEE :

Tous les participants des deux groupes expérimentaux étaient évalués individuellement.

La visite numéro 1 était assurée par une neuropsychologue, expérimentatrice associée. La passation des tests durait de 1 à 2 heures s'il fallait passer la WISC IV. Pour certains individus avec TSA la visite numéro 1 a été divisée en 2 séances.

Les ADI ont été réalisés par un interne en psychiatrie, expérimentateur principal auprès des parents lors d'un entretien dédié. Pour tous les individus du premier groupe, le diagnostic de TSA avait été fait préalablement au cours de leur suivi.

La visite numéro 2 était assurée par l'expérimentateur principal. La passation de la tâche durait 50 à 60 minutes.

Tous les participants ont donné leur consentement éclairé à cette étude.

Un monitoring du recueil des données a été réalisé à mi parcours et à la fin de l'inclusion par une attachée de recherche clinique de la direction de la recherche clinique interne (DRCI) du CHU de Nice en Mai et Aout 2014.

Une fois la saisie des données finalisée, un contrôle de validité et de cohérence des données sera réalisé par le Data-Manager de la DRCI et des demandes de vérifications seront émises pour traitement par l'investigateur principal.

Tout au long de l'étude, les enregistrements de données dans la base ont été tracés (piste d'audit).

A la fin du processus de contrôle qualité, un gel de la base de données sera établi et signé par l'investigateur principal, le Data-Manager et le médecin de la DRCI.

Une base informatique spécialement dédiée au recueil des données a été réalisée avec le logiciel OpenClinica® par le Data-Manager de la DRCI à partir du CRF finalisé. Le paramétrage et la mise en place de la base de données pour le recueil, incluant la formation des utilisateurs, étaient sous la responsabilité de la DRCI.

Les données recueillies ont été saisies dans la base par l'investigateur associé. Les données ont été sécurisées par la création de droits d'accès spécifiques suivant le rôle des intervenants dans l'étude.

La base gelée ainsi que le rapport de Data-Management seront transférés au statisticien pour l'analyse statistique.

ANALYSE STATISTIQUE :

ANALYSE DE LA POPULATION :

La population que nous avons étudiée est séparée en deux. On a d'un côté 19 patients atteints de TSA, et de l'autre, 19 présentant un développement typique. Chaque patient est « apparié » à un témoin par son âge.

L'analyse statistique comporte en premier lieu une analyse descriptive des enfants autistes et des enfants témoins avec évaluation des fréquences absolues et relatives et leurs intervalles de confiance à 95% pour un test T de Student pour les variables sociodémographiques.

Pour la comparaison des tests neuropsychologiques nous utiliserons donc dans cette partie des tests non-paramétriques, car la population est petite. Le test principalement utilisé sera le test de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Nous avons donc :

H_0 : la distribution de la variable quantitative est la même dans les 2 groupes

H_1 : la distribution est différente

Le niveau du test restera dans cette partie à 5%.

Analyse de la SNAP-IV :

Un traitement particulier a été apporté car cette échelle comporte des seuils pour les différents troubles dépistés.

Les valeurs seuils utilisés sont les suivantes :

Variable	Seuil
Snap_inatt	1,78
Snap_hyper	1,44
Snap_mixte	1,67
Snap_oppositionnel	1,88

Snap_inatt : TDAH type inattentif, Snap_hyper : TDAH type hyperactif, Snap_mixte : TDAH type mixte, Snap_oppositionnel : trouble oppositionnel avec provocation

Une rapide transformation des données nous permet d'avoir 4 nouvelles variables qui sont construites de la manière suivante :

Snap_inatt_seuil = OUI si (snap_inatt > 1,78), sinon NON

On peut donc ensuite faire un test de chi-deux pour voir si les nouvelles variables créées sont indépendantes au profil de l'individu (patient ou témoin).

On a donc :

H_0 : les variables sont indépendantes

H_1 : les variables sont liées

Nous gardons le seuil de 5% pour ce test. Si la p-valeur du test est supérieur à 0,05, alors on pourra qu'il n'y a pas de différence significative pour le trouble en question.

ANALYSE DU MATERIEL SEMANTIQUE :

Il y a une population de 36 mots. Chacun de ses mots a une valeur différente pour chaque variable. Ces 36 mots ont été séparés en 3 échantillons. Chaque échantillon de 12 mots a été formé de manière à avoir 6 mots ayant une valence positive supérieure à la valence neutre, et 6 autres mots ayant la valence neutre supérieure à la valence positive. Ils doivent contenir des mots ayant dont la valeur d'imagerie est comparable de même que les fréquences lexicales.

Nous voulons vérifier que les 3 échantillons sont bien homogènes, c'est-à-dire qu'il n'y a pas un ou plusieurs échantillons avec des mots dont une des variables serait déséquilibré par rapport aux autres.

Pour cela, nous avons utilisé un tests non-paramétrique. C'est le test de Kruskal et Wallis. Ce test est utilisé lorsqu'on est en présence de k échantillons indépendants, et il permet de voir si les échantillons proviennent d'une même population ou si au moins un échantillon provient d'une population différente des autres. Le test de Kruskal-Wallis est souvent utilisé comme une alternative à l'ANOVA dans le cas où l'hypothèse de normalité n'est pas acceptable, ou dans le cas de faibles échantillons. Il permet de tester si k échantillons ($k > 2$) sont issus de la même densité (donc même moyenne, médianes, et écart-type identiques)

Les hypothèses de ce test sont donc :

$H_0 : M_1 = M_2 = M_3$ (avec M_k la distribution de l'échantillon k)

$H_1 : \text{il existe au moins un couple } (i, j) \text{ tel que } M_i \neq M_j$

La statistique de test fait intervenir le rang des observations, une fois les k échantillons mélangés. Le r_i correspond à la somme des rangs de l'échantillon i parmi la population totale.

On a donc :

$$KW = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k (r_i^2 - 3(N+1))$$

$$KW = \frac{12}{36(36+1)} \sum_{i=1}^3 (r_i^2 - 3(36+1))$$

$$KW = \frac{1}{111} \sum_{i=1}^3 (r_i^2 - 111)$$

Nous allons fixer le seuil à 5%. Le logiciel R utilise une approximation de la loi de la statistique de test, sous H_0 , par une loi de khi-deux, à (k-1) degrés de libertés, en l'occurrence, 2. Si la p-valeur est inférieure à 0,05, alors nous pourrions rejeter l'hypothèse nulle au risque 5%. Nous dirons donc qu'au moins un échantillon est différent des autres.

Nous allons examiner l'homogénéité des trois conditions pour la valeur d'imagerie, la valence émotionnelle neutre, positive et la fréquence lexicale pour chaque tranche d'âge.

ANALYSE DES SCORES DE RAPPEL :

Nous commençons notre analyse par la détermination de l'indépendance de nos variables. En effet dans chaque condition il y avait deux variables : le format de présentation des mots et leur valence émotionnelle.

Pour cela nous avons effectué une ANOVA à mesures répétées. Le seuil de significativité est fixé à 0,01.

La contrainte imposée par l'ANOVA à mesures répétées de vérifier de prime abord si l'hypothèse de sphéricité de la matrice de covariance entre les répétitions est validée. Pour cela on utilise le test de Sphéricité de Mauchly. Si l'hypothèse de sphéricité est vérifiée (**W_Mauchly proche de 1 avec $p > 0,05$**) on pourra alors analyser les tests sur les effets intra- et inter-sujets.

Nous avons ensuite évalué les interactions entre les différentes variables, le plan de l'ANOVA est le suivant :

$$SS_R = < G_2 > * C_3 * E_2$$

Cela correspond à l'analyse des interactions dans 2 groupes : TSA et Typique avec 3 conditions : CI, CII, CIII et avec 2 valences émotionnelles : positives et neutres.

La variable intergroupe est l'appartenance au groupe TSA ou Typique. Les variables intragroupes sont le numéro de la condition et la valence émotionnelle.

Enfin nous avons effectué une analyse du contraste pour les variables indépendantes. C'est-à-dire une comparaison entre les variables deux à deux.

Analyse du critère de jugement principal :

Dans la situation où nos trois conditions expérimentales seraient indépendantes, nous devons comparer la différence entre les scores audio et vidéo pour les deux populations, en rappel à 30 minutes. On construit donc une nouvelle variable : diff_t1 est construite de la manière suivante :

$$\text{Diff_t1} = \text{audio_score_t1} - \text{video_score_t1}$$

On s'attend à ce que diff_t1 soit en moyenne positive pour les individus TSA, et négative pour les Typiques.

Nous voulons ensuite déterminer si les moyennes de diff_t1 sont significativement différentes entre les deux populations. Ici encore, il faut faire un test de Wilcoxon-Mann-Whitney :

H_0 : la distribution de diff_t1 est la même dans les 2 groupes
($\text{moy_TSA} = \text{moy_Typique}$)

H_1 : la distribution est différente ($\text{moy_TSA} \neq \text{moy_Typique}$)

Le niveau du test restera à 5%.

Nous avons enfin évalué si diff_t1 est plus élevé pour les individus TSA que pour les individus typiques, et pas simplement différents.

On teste donc :

H_0 : la distribution de diff_t1 est la même dans les 2 groupes
($\text{moy_TSA} = \text{moy_Typique}$)

H_1 : $\text{moy_TSA} > \text{moy_Typique}$

Le niveau du test reste 5%. Si les résultats vont dans le sens attendu ($\text{diff_t1_TSA} > \text{diff_t1_Typique}$), alors le test sera encore plus significatif que le précédent.

Critère de jugement secondaire :

Dans la situation où la variation de la valence émotionnelle serait indépendante, nous comparerions l'effet de celle-ci sur les scores de rappel à 30 minutes entre les deux groupes.

Pour ce faire nous créons une nouvelle variable de la manière suivante :

$$\text{Pos_neut_t1} = \text{mot_pos_t1} - \text{mot_neut_t1}$$

Nous allons donc observer pour les deux populations une valeur positive si l'individu a trouvé plus de mots positifs que neutre, et négative s'il a trouvé l'inverse.

Le test appliqué est encore une fois le test de Wilcoxon-Mann-Whitney, avec un niveau de 5%.

H_0 : la distribution de pos_neut_t1 est la même dans les 2 groupes
($\text{moy_patient} = \text{moy_témoins}$)

H_1 : $\text{moy_patient} \neq \text{moy_témoins}$

Etude complémentaire :

Pour compléter l'analyse nous avons appliqué la méthode décrite précédemment par ANOVA à mesures répétées aux scores de rappel immédiat nommés t_0 et aux scores de rappel différé total nommé t_{total} .

L'analyse portera sur les différences des scores de rappel par condition pour les deux groupes. L'indice utilisé pour le critère de jugement principal ($Diff_{tx} = audio_score_{tx} - video_score_{tx}$) sera expliqué avec les scores de rappel au temps immédiat (t_0) et différé total (t_{total}).

Le cas échéant les différences des scores de rappel par valence émotionnelle dans les deux groupes seront étudiées.

Rappel différé total :

Nous avons additionné les scores de rappel à 30 minutes et de rappel indicé pour avoir un score de différé total. En effet l'analyse du score de rappel indicé seul nous exposerait à des résultats contradictoires car un participant ayant restitué un maximum de mots mémorisé au rappel libre à 30 minutes aurait un score bas au rappel indicé. Ce score ne reflèterait alors pas les performances de mémorisation mais seulement gain mots avec une aide ce que ne nous voulons pas analyser. Ici nous voulons mesurer la mémoire épisodique et donc tous les mots mémorisés après 30 minutes.

MODALITES ETHIQUE :

Préalablement au début de la recherche, l'investigateur ou un médecin qui le représente était chargé d'informer la personne sur le déroulement de l'essai

et ses conséquences. La personne était informée des résultats globaux de la recherche.

Le consentement éclairé, libre et exprès a été recueilli par écrit (article L-1122-1 du Code de la Santé Publique) sachant que la personne avait l'opportunité de poser des questions et sera informé de son droit de refuser de participer à la recherche et se retirer à tout moment de l'essai sans donner de justification et sans préjudice de ce fait. Le consentement était adapté à la compréhension des enfants et un délai de réflexion peut être prévu entre la délivrance de l'information et le recueil du consentement. Les consentements des enfants et des parents étaient recueillis.

L'essai a été enregistré dans la base de données nationale, gérée par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (ANSM), qui recense l'ensemble des recherches biomédicales menées par les promoteurs français.

Ce projet a reçu l'agrément du comité d'éthique et de protection des personnes des Alpes-Maritimes. Il est enregistré sous le numéro : **2013-A01158-37**

CONTEXTE DE PARTENARIAT :

Notre étude a reçu un financement à hauteur de 15 000 € de la part du CHU de Nice dans le cadre d'un appel d'offre interne au CHU.

Cette subvention a financé :

- un mi-temps de neuropsychologue

- la mise en place et le monitoring de l'essai par une assistante de recherche clinique
- la constitution de la base de donnée et sa vérification par un data manager
- l'analyse statistique par un médecin spécialisé en bio-statistique
- et enfin, les frais de déplacement, reprographie et assurance.

RESULTATS

DESCRIPTION DE LA POPULATION :

Tableau 3 : Caractéristiques sociodémographique et résultats de l'évaluation neuropsychologique des deux populations : individus avec TSA et individus typiques.

Variable	TSA	Typiques	p-value
Age	10,70 ans (1,9)	11,05 (1,7)	0,99
Sexe	H=100%	H=100%	1
Individu dans une section scolaire différente de sa classe d'âge	1 cas	1 cas	-
Amis_ecol	57%	100%	-
Amis_deh_ecol	47%	78%	-
Sort_ami	36%	89%	-
Thérap_indiv	36%	0%	-
Thérap_groupe	15%	0%	-
Cms_noted	6,7 (2,8)	7,5 (2,1)	0,4896 NS
Evip_equi_a < 7ans	0 %	0 %	-
Nepsy_note	10,89 (1,24)	11,05 (1,22)	0,6348 NS

Amis_ecol : possède des amis à l'école, Amis_deh_ecol : possède des amis en dehors de l'école, Sort_ami : voit ses amis en dehors de l'école, Thérap_indiv : psychothérapie individuelle, Thérap_groupe : atelier de groupe, Cms_notei : score en rappel immédiat, Cms_noted : score en rappel différé, Evip_equi_a < 7 ans : pourcentage d'individu ayant un âge lexical équivalant < 7 ans, Nepsy_note : note brute.

Notre population était exclusivement composée de garçons. Dans la population générale un ratio homme/femme de 2 pour 1 est observé pour l'autisme et un ratio de 4 pour 1 pour le syndrome d'asperger) (Levy, Mandell, & Schultz, 2009). Notre population était composée d'individus avec un autisme de haut niveau et de syndrome d'Asperger (DSM IV), le ratio se rapproche donc plus de la population générale.

L'âge civil moyen était de 10,7 ans dans la population TSA contre 11 ans dans la population typique. Les individus ont été appariés sur l'âge à six mois près, il n'y a pas de différence significative entre les groupes.

Tous les individus étaient dans la section scolaire de leur classe d'âge sauf 2. Dans chacun des groupes 1 individu avait redoublé 1 classe et était donc une année en dessous de sa classe d'âge normale.

Quarante sept pour cent de la population TSA ont déclaré fréquenter des amis en dehors de l'école et 36% faisait des sorties avec contre 78% et 89% dans la population typique.

L'évaluation par la CMS rapporte des résultats équivalents en rappel différé ($p > 0.05$). Il n'y a donc pas de différence significative pour la mémoire des visages à long terme entre les deux populations.

Les résultats des deux populations à la NEPSY montrent un score moyen similaire en attention sélective auditive de 10,89 pour le groupe TSA et de 11,05 pour le groupe typique ($p > 0.05$). Il n'y a donc pas de différence significative entre les groupes.

Le score à l'EVIP calculé en âge équivalent est toujours supérieur à 7 ans dans les deux populations. Ce qui signifie que notre matériel étalonné pour une population de 7 ans était censé être connu.

Nous supposons donc que le traitement de l'information auditive seule (NEPSY) et de l'information visuelle des visages seule (CMS) sont comparables dans les deux groupes.

Nous allons donc pouvoir comparer le traitement de l'information mixte (auditive + visuelle) avec notre tâche principale entre les deux populations TSA et Typique.

ANALYSE DU MATERIEL SEMANTIQUE :

Tableau 4 : Récapitulatif des caractéristiques des mots dans chacune des conditions avec la moyenne, l'écart-type et P-value pour chaque variable

	Val_imagerie	Val_neutre	Val_pos	F_CP	F_CE1	F_CE2-CM2	F_CP-CM2
C I μ (σ)	135,8 112,8	41,5 30,4	50,6 33,4	69,0 69,3	28,9 23,0	42,2 30,2	43,4 31,0
C II μ (σ)	178,9 81,0	34,8 26,6	58,2 31,2	103,7 94,2	67,9 82,8	62,7 76,5	69,3 76,9
C III μ (σ)	185,8 94,5	38,2 30,1	55,3 31,5	91,4 101,9	55,1 59,8	47,0 44,0	54,3 51,0
p- value (< 0,05)	0,3187	0,5814	0,5561	0,6602	0,6217	0,9792	0,9903
Résultat	Non rejet de H ₀ : Les échantillons sont homogènes						

Moyenne (μ), l'écart-type (σ), Val_imagerie : Valeur d'imagerie visuelle, Val_neutre : valence émotionnelle neutre, Val_pos : valence émotionnelle positive, F_CP : Fréquence lexicale au CP, F_CE1 : Fréquence lexicale au CE1, F_CE2-CM2 : Fréquence lexicale moyenne du CE2 au CM2, F_CP-CME2 : Fréquence lexicale moyenne du CP au CM2. P-value obtenue avec le test de Kruskal-Wallis

Nous observons aussi que quelque soit la tranche scolaire considérée, les fréquences lexicales des échantillons restent comparables. De même les valeurs d'imageries de chacun des mots dans chaque groupe n'ont pas de différence significative ($p = 0,3187$). Enfin les valences émotionnelles neutres ($p = 0,5814$) et positives ($p = 0,5561$) sont comparables dans chacune des conditions.

Cette première analyse nous permet donc de dire que les trois échantillons de mots sont homogènes entre eux. Nous allons donc pouvoir comparer les scores de rappel pour chacun d'eux.

ETUDE DE L'IMPACT DES VARIABLES EXPERIMENTALES SUR LES PERFORMANCES DE RAPPEL.

RESULTATS DE L'ANALYSE PAR ANOVA :

En premier lieu nous vérifions si l'hypothèse de sphéricité est validée. Le test de sphéricité de Mauchly fournis le résultat: $\chi^2 = 2,646$ $p > 0,05$. L'hypothèse de sphéricité est donc validée.

Résultats de l'ANOVA par mesures répétées sont les suivants :

Effet intrasujet : (le degré de liberté va de 1 à 72)

Tableau 5 : résultats des ANOVA à mesures répétées pour les rappels obtenues à 30 minutes

interaction	résultat	p-valeur
conditions	$F(1.72,2) = 13,855$	$p < 0,01$
condition*groupe	$F(1.72,2) = 19,359$	$p < 0,01$
émotion	$F(1.72, 1) = 1,374$	$p > 0,01$
émotion*groupe	$F(1.72, 1) = 0,385$	$p > 0,01$
émotion*condition	$F(1.72,2) = 0,685$	$p > 0,01$
émotion*groupe*condition	$F(1.72, 1) = 0,978$	$p > 0,01$

Résultat du critère de jugement principal :

Tableau 6: moyenne et écart type des scores rappelés, dans les deux groupes pour la condition I et III et différence CI - CIII à 30 minutes

	C I		C III		Diff_t1	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
TSA	2,11	1,24	1,68	1,34	0,42	1,71
Typique	1,79	1,18	4,74	1,45	-2,95	1,75

μ = moyenne, σ = écart type, Diff_t1 = score de C I – C III à 30 minutes

Tableau ... : comparaison de la différence de score entre C I et C III à 30 minutes

Variable	p-valeur	Résultat
Diff_t1	0,0000129	Rejet de H_0 : Le groupe TSA et Typique n'ont pas les mêmes résultats pour diff_t1

Tableau 7: évaluation de la supériorité de Diff_t1 dans le groupe TSA comparé au groupe Typique

Variable	p-valeur	Résultat
Diff_t1	0,0000065	Rejet de H_0 : Le groupe TSA a des valeurs de diff_t1 significativement plus élevés que le groupe typique

Pour la condition I le groupe TSA rapporte un plus grand nombre de mots moyen (2,11) par rapport au groupe Typique (1,79).

Pour la condition III c'est le groupe Typique qui rappelle le plus de mots en moyenne (4,74) par rapport au groupe TSA (1,34).

La différence calculée entre C I et C III dans chaque groupe est significativement différente ($p = 0,0000129$).

Le test de supériorité confirme que la différence C I – C III (Diff_t1) est significativement supérieure dans le groupe TSA comparé au groupe Typique ($p = 0,0000065$).

RESULTAT DU CRITERE DE JUGEMENT SECONDAIRE :

L'analyse : ANOVA par mesures répétées montre que les interactions entre les différentes variables et la valence émotionnelle n'est pas significative ($p > 0,05$).

Aux vues de ces résultats nous ne pouvons pas effectuer de comparaison du point de vue de la variable : valence émotionnelle.

ANALYSES COMPLEMENTAIRES :

En premier lieu nous avons effectué l'ANOVA à mesures répétées comme précédemment sur les scores de rappels obtenues à t0 et t_total.

Celles-ci montrent tout d'abord que l'hypothèse de sphéricité est validée.

En rappel immédiat : $\chi^2 = 2,995$ $p > 0,05$

En rappel différé total: $\chi^2 = 5,135$ $p > 0,05$

Nous examinons maintenant l'analyse des interactions entre les différentes variables. Nous nous limitons à l'interaction entre les différentes conditions et pour condition*groupe pour pouvoir comparer avec le rappel à 30 minutes.

Tableau 8 : résultats des ANOVA à mesures répétées pour les rappels obtenues à t0 et t_total

Interaction R immédiat	résultat	p-valeur
conditions	$F(1.72,2) = 5,033$	$p < 0,01$
condition*groupe	$F(1.72,2) = 4,691$	$p < 0,01$
Interaction R différé total	résultat	p-valeur
conditions	$F(1.72,2) = 9,117$	$p < 0,01$
condition*groupe	$F(1.72,2) = 29,110$	$p < 0,01$

Comparaison des scores aux trois conditions :

Nous pouvons donc procéder à la comparaison de l'effet «condition » sur chacun des groupes.

Tableau 9 : moyenne des scores rappelés dans chaque condition, au trois temps et dans chaque groupe

Nombre moyens	score à t0			score à t1			score à t_total		
	CI	CII	CIII	CI	CII	CIII	CI	CII	CIII
TSA	4,89	4,11	4,32	2,11	1,68	1,68	5,32	4,1	4
Typique	6,11	5,74	6,95	1,79	2,05	4,74	4,53	4,84	8,06

score à t0 = rappel immédiat, score à t1 = rappel à 30 minutes, score à t total = score du rappel différé total (t indicé + t1)

Figure 5 : moyenne des scores rappelés dans chaque condition, en rappel immédiat

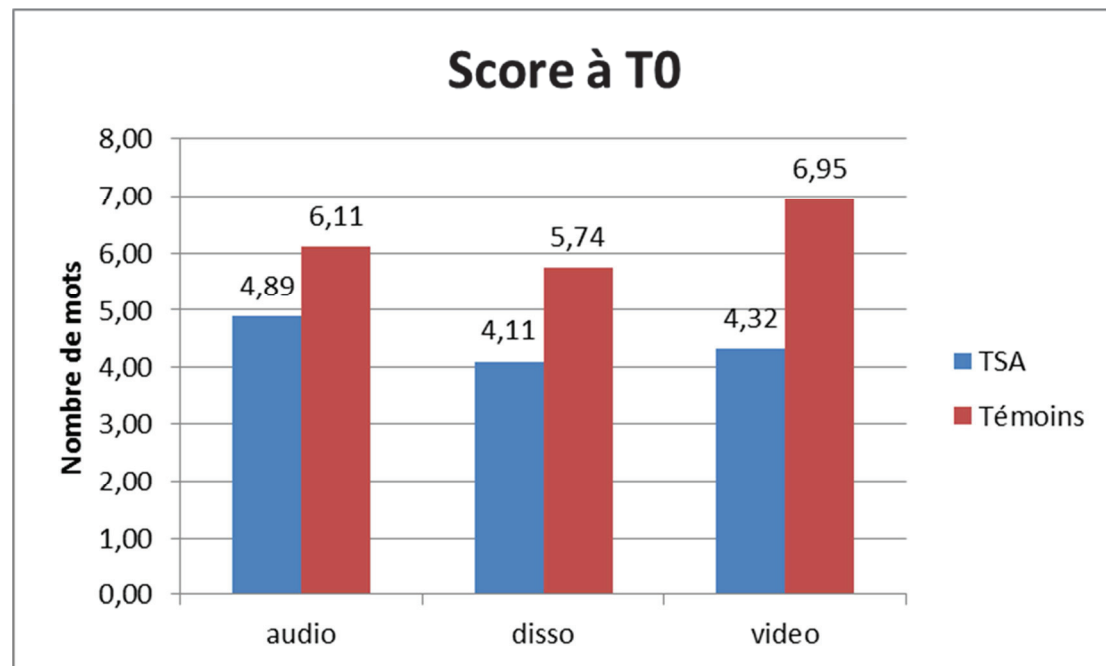


Figure 6 : moyenne des scores rappelés dans chaque condition, en rappel à 30 minutes

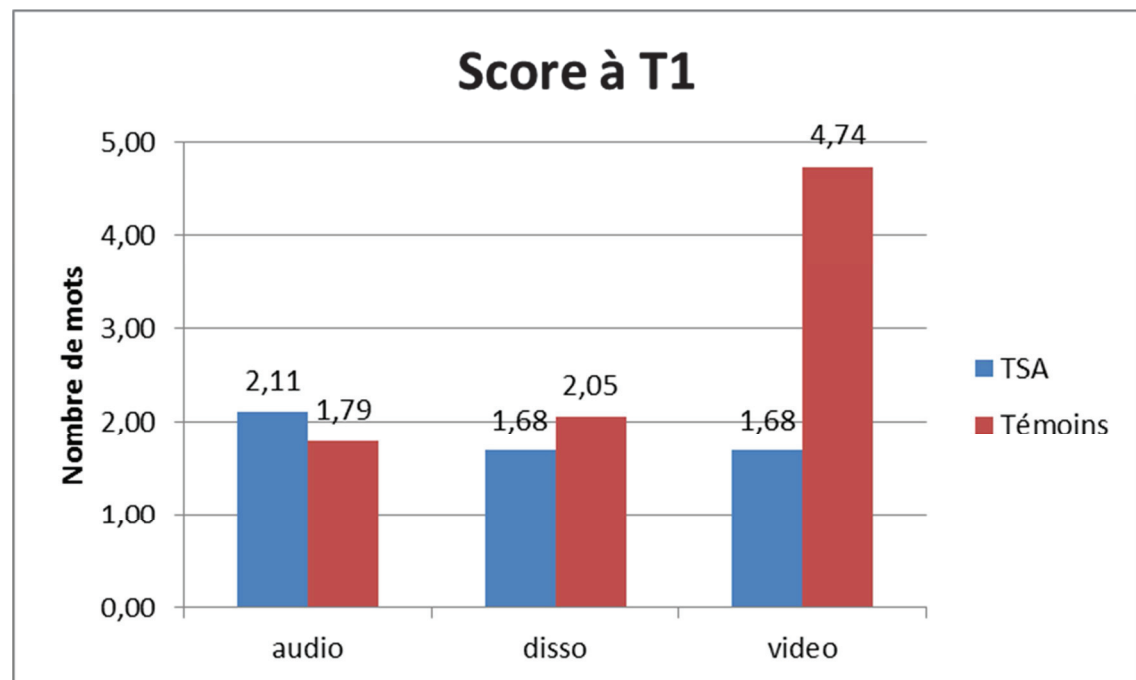
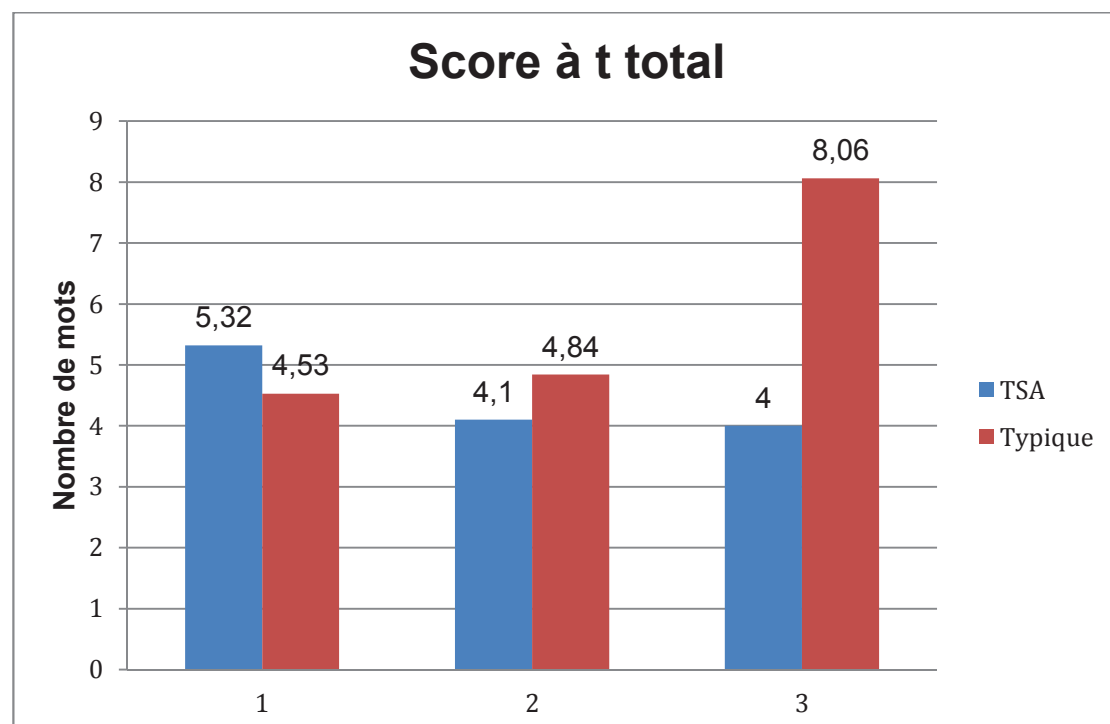


Figure 7 : moyenne des scores rappelés dans chaque condition, en rappel différé total



Les différences entre CI et CIII seront traitées spécifiquement après.

COMPARAISON INTRA-GROUPE :

Tableau 10 : comparaison des scores moyens rappelés entre C I et II et entre CII et CIII au trois temps du rappel

Temps	CI vs CII	CII vs CIII
Rappel immédiat		
TSA	CI > CII (P < 0,05)	CII < CIII (P > 0,05)
Typique	CI > CII (P > 0,05)	CII < CIII (P < 0,05)
Rappel 30 min		
TSA	CI > CII (P < 0,05)	CII = CIII
Typique	CI < CII (P > 0,05)	CII < CIII (P < 0,05)
Rappel différé total		
TSA	CI > CII (P < 0,05)	CII > CIII (P > 0,05)
Typique	CI < CII (P > 0,05)	CII < CIII (P < 0,05)

Dans la population TSA, C I ramène toujours un score moyen significativement plus élevé que C II.

Dans la population Typique C III ramène toujours un score moyen significativement plus élevé que C II.

Les autres différences ne sont pas significatives.

RESULTAT DE L'INDICE DU CRITERE DE JUGEMENT (DIFFERENCE CI – CIII) EN RAPPEL IMMEDIAT ET DIFFERE TOTAL.

Nous passons à l'analyse de l'indice du critère de jugement principal (Diff_tx) pour les rappels à t0 et t_total.

Tableau 11 : moyenne et écart type des scores rappelés, dans les deux groupes pour la condition I et III et différence CI - CIII en rappel immédiat

	audio_score_t0		video_score_t0		Diff_t0	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
TSA	4,89	1,70	4,32	1,57	0,58	1,68
Typique	6,11	1,05	6,95	1,22	-0,84	1,21

μ = moyenne, σ = écart type, Diff_t1 = score de C I – C III en rappel immédiat

Tableau 12 : moyenne des scores rappelés et écart type, dans les deux groupes pour la condition I et III et différence CI - CIII en rappel différé total

	audio_t_total		video_t_total		Diff_t_total	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
TSA	5,32	2,02	4	1,29	1,22	2,16
Typique	4,53	1,63	8,06	1,63	-3,53	2,46

μ = moyenne, σ = écart type, Diff_t1 = score de C I – C III en rappel différé total

Tableau13 : comparaison de la différence « CI – CIII » en rappel immédiat et différé total entre les deux groupes

	p-valeur	Résultat
Diff_t0	0,0111	Rejet de H_0 : Le groupe TSA et Typique n'ont pas les mêmes résultats pour diff_t0
Diff_t_total	0,0000032	Rejet de H_0 : Le groupe TSA et Typique n'ont pas les mêmes résultats pour diff_t_total

Diff_t0 = score de C I – C III en rappel immédiat, Diff_t_total = score de CI – CIII en rappel différé total

Tableau 14 : évaluation de la supériorité de Diff_t0 et Diff_t_total entre le groupe TSA Typique

Variable	p-valeur	Résultat
Diff_t0	0,005549	Rejet de H_0 : Le groupe TSA a des valeurs de diff_t0 significativement plus élevés que le groupe typique
Diff_t_total	2,95 e-07	Rejet de H_0 : Le groupe TSA a des valeurs de diff_t_total significativement plus élevés que le groupe typique

Diff_t0 = score de C I – C III en rappel immédiat, Diff_t_total = score de CI – CIII en rappel différé total

En rappel immédiat :

Pour la condition I le groupe Typique rapporte un plus grand nombre de mots moyen (6,11) que le groupe TSA (4,89) ($p < 0,05$).

Pour la condition III le groupe Typique qui rappelle le plus de mots en moyenne (6,95) par rapport au groupe TSA (4,32) ($p < 0,05$).

La différence entre C I et C III calculée en rappel immédiat est positive dans le groupe TSA et négative dans le groupe Typique. Ceci indique que la différence CI – CIII est supérieure dans le groupe TSA. Il y a donc dans le groupe TSA un rappel plus important des mots de la condition I que de la condition III alors que c'est l'inverse dans le groupe typique. La différence est significative ($p = 0,0111$).

Le test de supériorité confirme que la différence C I – C III (Diff_t0) est significativement supérieure dans le groupe TSA comparé au groupe Typique ($p = 0,005549$) en rappel immédiat.

Au vue de ces résultats nous suggérons que le groupe TSA rappel plus de mots de la condition I que le groupe Typique en rappel immédiat alors que le groupe Typique rappel plus de mots de la condition III que le groupe TSA.

En rappel différé total :

Pour la condition I le groupe TSA rapporte un plus grand nombre de mots moyen (5,32) que le groupe Typique (4,43).

Pour la condition III le groupe Typique qui rappelle le plus de mots en moyenne (8,06) par rapport au groupe TSA (4).

La différence entre C I et C III est supérieure dans le groupe TSA. Il y a donc dans le groupe TSA un rappel plus important des mots de la condition I que de la condition III alors que c'est l'inverse dans le groupe typique. La différence est significative ($p = 0,0000032$).

Le test de supériorité confirme que la différence C I – C III (Diff_t_total) est significativement supérieure dans le groupe TSA comparé au groupe Typique ($p = 2,95 \text{ e-}07$) en rappel différé total.

Au vue de ces résultats nous suggérons que le groupe TSA rappel plus de mots de la condition I que le groupe Typique en rappel différé total alors que le groupe Typique rappelle plus de mots de la condition III que le groupe TSA.

Les résultats convergent dans le même sens aux trois temps de rappel.

Scores de rappel attendus :

Dans notre tâche nous attendions une performance de 7 mots par condition plus ou moins 2 en rappel immédiat et un nombre identique en rappel différé à 30 minutes.

En effet Miller dans son étude initiale en 1956 (Miller, 1956) retrouve une performance de rappel libre d'environ 7 unités plus ou moins deux quelque soit le type d'information. G.A Miller qualifie ce chiffre de « magique » car il le retrouvait dans plusieurs populations d'âge et pour plusieurs types d'informations (chiffres, mots, image). Par la suite de nombreuses études ont confirmé cette valeur.

En pratique cette prévision se confirme dans la population Typique. En rappel immédiat les scores de rappel moyens variaient entre 5,74 et 6.95. En rappel à t1 le score moyen était de 8,58 (CI+CII+CIII) avec des valeurs extrêmes [4 - 12].

Dans la population TSA, en rappel immédiat les scores de rappel variaient entre 4,11 et 4.89, légèrement en dessous de la prévision. En rappel à t1 le score moyen était de 5,47 avec des valeurs extrêmes [3 - 9], dans la fourchette basse également.

Le groupe Typique rappel significativement plus de mots en rappel immédiat et à 30 minutes ($p < 0,05$).

DISCUSSION

DISCUSSION DES SCORES DE RAPPEL :

Le but de notre étude était explorer l'effet des stimulations uni et multi-sensorielles sur des scores de rappel de mots à long terme dans deux populations.

Notre hypothèse principale était que les informations d'origines multi-sensorielles étaient mieux rappelées en population Typique, et que les informations d'origines uni-sensorielle étaient mieux rappelées en population TSA.

SCORE DE RAPPEL A 30 MINUTES:

Notre critère de jugement principal était la comparaison de la différence entre le score de rappel à 30 minutes des mots de la condition I et III, pour chacune des populations. En population TSA, la moyenne de la différence des scores de rappel entre C I et C III (Diff_t1) est de 0,42 (écart type = 1,71). En population Typique, la moyenne est de -2,95 (écart type = 1,75). On observe une différence statistiquement significative ($p = 0,0000129$). Cette observation est confirmée par un test de supériorité ($p = 0,0000032$). Ceci signifie qu'au sein d'une paire « individu TSA-individu Typique », l'individu Typique rappelle statistiquement plus de mot de la condition III que de la condition I comparé de l'individu TSA. D'autre part les individus TSA rappellent statistiquement plus de mots de la condition I que de la condition III comparé aux individus Typiques.

Notre critère de jugement principal est donc validé.

Dans notre étude les individus du groupe TSA ont un rappel à long terme prédominant pour les mots de la condition audio seule. Les individus du groupe Typique ont eux un rappel à long terme prédominant pour les mots de la condition vidéo.

Analyse de la condition II à 30 minutes :

Dans le groupe TSA, les scores de C II sont statistiquement inférieurs à ceux de C I ($p < 0,05$). La différence entre C II et C III n'est pas interprétable.

Dans le groupe typique, il n'y a pas de différence significative entre C II et C I. les scores de CIII sont en revanche significativement supérieurs à ceux de C II ($p < 0,05$).

Pour tenter d'analyser les résultats de la condition II nous classons les conditions par type de support visuel.

Nous notons que **C I et C II** ont pour point commun d'avoir un **support visuel est fixe**. **C II et C III** ont pour point commun d'avoir un **support visuel social** (visage humain).

Nous observons que chacun des groupes a un comportement différent pour chaque condition :

Dans le groupe TSA les conditions avec support visuel « fixes » sont mieux rappelées. Dans le groupe Typique les conditions avec support visuel « sociales » sont mieux rappelées.

DISCUSSION DE L'ANALYSE COMPLEMENTAIRE :

Score de rappel immédiat :

Dans le groupe TSA, les scores de C II sont statistiquement inférieurs à ceux de C I ($p < 0,05$). La différence n'est pas interprétable entre C II et C III. Les scores de C I sont significativement supérieurs à ceux de C III ($p < 0,05$).

Dans le groupe Typique, il n'y a pas de différence significative entre C II et C I. Les scores de C III sont en revanche significativement supérieurs à ceux de C II ($p < 0,05$). Les scores de C III sont significativement supérieur à ceux de C I ($p < 0,05$).

Pour les deux groupes, les observations de l'indice du critère de jugement principal en rappel immédiat (diff_t0_CI-CIII) vont donc dans la même direction que les résultats à 30 minutes ($p = 0,005549$).

On observe un comportement différent vis à vis de C II dans les deux groupes. Dans le groupe TSA les scores de C II et C III sont semblables alors que dans le groupe Typique ce sont C I et C II.

Ici aussi, dans le groupe TSA les conditions avec un visuel « fixe » sont mieux rappelées. Dans le groupe Typique les conditions avec un visuel « social » sont mieux rappelées.

Score de rappel différé total:

Dans le groupe TSA, les scores de C II sont statistiquement inférieurs à ceux de C I ($p < 0,05$). La différence n'est pas interprétable entre C II et C III. Les

scores de rappel montrent une supériorité du nombre de mots moyens rappelés en C I comparé à C III ($p < 0,05$).

Dans le groupe typique, il n'y a pas de différence significative entre C II et C I. les scores de CIII sont en revanche significativement supérieurs à ceux de C II ($p < 0,05$). Les scores de rappel montrent une supériorité du nombre de mots moyens rappelés en C III comparé à C I ($p < 0,05$).

La comparaison entre les différences de score rappel (Diff_t_total) est statistiquement significative ($p = 2,95 \text{ e-}07$).

Pour les deux groupes, les observations de l'indice du critère de jugement principal en rappel différé total (diff_tot_CI-CIII) vont donc dans la même direction que les résultats à 30 minutes ($p = 0,005549$).

Ici encore, dans le groupe TSA les conditions avec un visuel « fixe » sont mieux rappelées. Dans le groupe Typique les conditions avec un visuel « social » sont mieux rappelées.

Notre étude montre donc que l'effet des stimuli multi-sensoriels et uni-sensoriels en population Typique et TSA observable en rappel à 30 minutes l'est aussi en rappel immédiat et différé total.

Si l'on prend en compte le type de support visuel. Il apparaît que les caractéristiques visuelles « fixes » et « sociale » des conditions influencent, dans chaque groupe, le rappel de manière similaire aux trois temps du rappel.

Nous pouvons envisager deux causes possibles à ces résultats. Ils pourraient être le reflet d'une différence de traitement de l'information multi-sensorielle dans la population Typique et TSA. Ils pourraient aussi résulter d'une différence entre ces deux populations de traitement de l'information sociale.

LA COMPLEXITE DE L'INFORMATION :

Nos résultats sont concordants avec la littérature spécialisée (Beversdorf et al., 1998; Lind & Bowler, 2009; Massand & Bowler, 2013). Il semble que les capacités de mémoire à long terme des individus avec TSA soient comparables à celle des individus typiques pour des informations simples (liste de mot). L'objectif de ce travail était de déterminer si les moins bonnes performances des individus avec TSA pour la mémorisation de certaines informations dites complexes (Beversdorf et al., 1998; Boucher, Mayes, & Bigham, 2012; Bowler, Gaigg, & Gardiner, 2010; Bowler et al., 2014) provenaient d'un traitement particulier de l'information. Ici le contenu strict de l'information n'était pas différent dans chacune des conditions puisqu'il s'agissait de mots équivalents en caractéristiques sémantiques. Cependant la condition III nécessitait un traitement supplémentaire d'une information dynamique. Intrinsèquement les séquences filmées de C III ne favorisaient pas le rappel puisque le plan était le même et l'acteur identique. Le type de traitement de l'information sollicité était donc le seul facteur variable. Dans la population TSA le traitement des informations *sémantiques et visuelles dynamiques à caractère social* (visage humain) était différent que celui de la population Typique.

Notre étude montre que le support multi-sensoriel avec visuel dynamique apporte un bénéfice en terme de mémorisation dans la population Typique comparé au support uni-sensoriel . En population TSA le support uni-sensoriel est associé à une meilleure mémorisation. Le support multi-sensoriel avec visuel dynamique n'a donc pas le même effet qu'en population Typique.

Ce résultat est retrouvé par d'autres études utilisant des protocoles différents. Des arguments électro-encéphalographiques en faveur d'un traitement atypique de l'information d'origine multi-sensoriel dans la population TSA sont retrouvés par (Brandwein et al., 2014). Une autre étude a retrouvé un traitement atypique des sons associés à des flashes lumineux dans une population d'enfant atteint de TSA (Stevenson et al., 2014).

Nos résultats montrent qu'il y a des atypies dans le traitement des l'informations multi-sensorielles. Or les informations sociales sont, en conditions écologiques, de nature multi-sensorielle (cf introduction). On peut penser qu'au cours du développement, un traitement défaillant des informations sociales pourrait impacter l'apprentissage de la cognition sociale dans la TSA. Des résultats similaires sont montrés par Corbett, Newsom, Key, Qualls, & Edmiston, 2014. Ils retrouvent une associations entre des performances mnésiques à long terme pour des photos de visage et la qualité de la socialisation en population TSA enfant. Ils suggèrent que les performances de mémorisation sont proportionnelles à la qualité du traitement de l'information sociale et proportionnelle à la socialisation dans les jeux.

Nos résultats montrent aussi que les conditions présentant un support visuel à caractère social rapportent des scores similaires. En population TSA, il y a aux trois temps de rappel, une différence significative entre les conditions avec un visuel « sociales » (C II et C III) versus « non sociales » (C I). Dans C II la complexité de l'information est moindre et le support visuel est fixe. La différence avec C I se situe sur la nature « sociale » (visage) versus « non sociale » (écran gris) du support visuel. Il semble donc que ce n'est pas seulement la composante dynamique (filme dans C III) qui impact le rappel mais aussi la nature « sociale » de la condition. Nous manquons ici d'une condition contrôle qui présenterait un visuel « non social » autre qu'un écran gris (ex : forme géométrique comme dans l'étude de (Brandwein et al., 2014).

Nous ne pouvons donc pas conclure avec certitude sur l'effet « dynamique » de la condition III en population TSA.

L'effet de la condition « dynamique » (C III) versus « fixe » (C I et C II) semble néanmoins actif sur la population Typique. Dans ce groupe, les scores de CI et CII sont significativement différents de ceux de C III. Alors que C I et C II présentent des scores similaires. Il semble ici que ce n'est pas la composante « sociale » qui impact les scores de rappel mais la composante dynamique.

Ces observations nuancent donc les résultats obtenus. Malgré cela nous rappelons que C II et C III présentaient des informations sous forme multi-sensorielle et C I sous forme uni-sensorielle. L'hypothèse principale reste donc validée pour les deux populations.

DISCUSSION DE L'EFFET VALENCE EMOTIONNELLE :

Notre analyse des scores de rappels selon la valence positive ou neutre des mots ne retrouve pas de différence significative. Nous n'avons donc pas comparé les différents scores rappels dans chaque groupe et dans chaque condition car ces variables ne sont pas indépendantes ($p > 0,05$).

La valence émotionnelle pourrait ne pas avoir d'impact sur les performances de rappel dans une épreuve telle que nous l'avons construite. Plusieurs études ne retrouvent pas cet effet des valences émotionnelles sur les performances de rappel (Beverdors et al., 1998; Deruelle, Hubert, Santos, & Wicker, 2008; Gaigg & Bowler, 2008; Gras-Vincendon, Bursztejn, & Danion, 2008).

Cependant d'autres études ont retrouvé cet effet (Majerus & D'Argembeau, 2011; Maras, Gaigg, & Bowler, 2012).

Dans notre étude beaucoup de facteurs pourraient la cause ce résultats (temps d'encodage, méthode de présentation, choix des mots, valence des mots ...). Notamment le nombre d'occurrence par variable (6 mots positifs et 6 mots neutres) pourrait être trop faible pour pouvoir mettre en évidence des différences significatives par ANOVA à mesures répétées. D'un autre côté, le fait de ne pas retrouver de différence entre les deux groupes pour les scores de rappel des mots émotionnels pourrait suggérer que le traitement de ceux-ci est similaire. Les individus Typiques et TSA traiteraient de façon comparable les informations positives et neutres. Cette hypothèse est aussi suggérée par Maras et al en 2012 dans une étude dont le protocole se

rapprochait du notre. Ils retrouvaient une différence entre le rappel des informations positives et neutres, de manière similaire en population Typique et TSA.

Enfin ce résultat suggère aussi que le facteur principal influençant les scores de mémorisation était la qualité uni ou multi sensorielle du matériel et non la valence émotionnelle des mots.

EVALUATION DE LA COGNITION SOCIALE :

Nous avons vu que les individus avec TSA avaient un traitement de l'information d'origine multi-sensorielle atypique. Or les conditions des interactions sociales écologiques sont multi-sensorielles. Cette étude met aussi l'accent sur le traitement des informations dynamiques (C III). Or actuellement toutes les tâches d'exploration de la cognition sociale utilisent un matériel non dynamique et uni-sensoriel. Ce sont des photos ou des dessins de personne (reconnaissance des émotions d'Ekman (Gosselin, n.d.), théorie de l'esprit (Baron-Cohen, Leslie, & Frith, 1985), etc...). Or les moyens technologiques actuels permettraient de proposer des échelles d'évaluation sous un format dynamique. L'évaluation de la cognition sociale devrait être évaluée avec des outils les plus proches possibles des conditions écologiques, avec un média multi-sensoriel dynamique.

DISCUSSION DES BIAIS POTENTIELS ET LIMITES DE L'ETUDE :

Rôle de l'ordre des conditions :

Au cours de l'expérimentation, les conditions étaient présentées de manière identique et de façon séparée : CI puis CII puis C III. On peut se questionner sur un effet de l'ordre des conditions. Cependant, les rappels immédiats étaient effectués entre chaque condition. Si l'ordre avait eu un effet, on ne comprendrait pas pourquoi une particularité du traitement de l'information toucherait de manière prédominante C I plutôt que CII ou C III en rappel immédiat puisque chaque rappel était indépendant. Or on observe des différences significatives en rappel immédiat qui vont dans le même sens que celle des rappels différés. L'impact de l'ordre des conditions peut donc être écarté.

Rôle des capacités attentionnelles:

L'hypothèse du rôle des capacités attentionnelles peut être envisagée. En effet dans la littérature on discute de plus en plus la co-occurrence de TSA et de trouble attentionnel (Andersen, Hovik, Skogli, Egeland, & Oie, 2013; Taurines et al., 2012). Cependant nous rappelons que l'épreuve d'attention auditive de la NEPSY dure deux fois deux minutes. Or nos conditions ne durent que 34 secondes, ce qui est largement plus court. Les scores à la NEPSY ne diffèrent pas non plus significativement entre les groupes. De plus nous avons aménagé de courtes pauses entre les conditions pour que les

individus puissent se reposer et donc maintenir des compétences attentionnelles égales pour chaque condition.

On peut donc aussi écarter l'influence d'éventuels troubles de l'attention auditive dans la comparaison de la population TSA et Typique.

La population :

Il serait nécessaire de poursuivre ce travail sur un plus large échantillon composé de groupe d'âges plus homogène : groupe d'enfants, groupe d'adolescents et groupe d'adultes.

Dans notre étude tous les individus du groupe TSA avaient reçu le diagnostic de trouble du spectre autistique au sens du DSM-V sans spécificateur supplémentaire.

Dans une prochaine étude une sélection spécifique des individus avec TSA basée sur le QI verbal et la mémoire de travail serait pertinente.

Le but serait d'avoir une population TSA homogène au plan des capacités verbale et de la mémoire de travail.

De plus une évaluation du QI des individus Typiques pourrait être discutée. D'un côté, on peut critiquer l'évaluation du QI d'une population exempte de trouble. Cela pose un problème éthique car les résultats peuvent avoir impact psychologique sur le participant. D'un autre côté la rigueur scientifique impose un contrôle optimal de la population témoin et l'appariement par le QI est

aujourd'hui un critère de référence. Enfin la réalisation d'une échelle de QI abrégée pose aussi le problème de la fiabilité des résultats car seul quelque subtest sont alors passés ce qui ne fourni qu'un reflet très partiel des capacités cognitives.

Nous avons choisi de ne pas faire passer d'échelle d'intelligence à la population Typique. Nous avons sélectionné des individus sans trouble psychopathologique connu et les avons apparié par âge civil et tenant compte du niveau scolaire. Nous avons postulé qu'un niveau verbal minimum de 7 ans et des capacités attentionnelles auditives comparables à la population TSA serait suffisant pour cette tâche de mémorisation de liste.

Dans une prochaine étude nous pourrions évaluer la population typique avec les subtests verbaux et de mémoire de travail avec un matériel auditif.

La motivation sociale

Dans la population TSA les scores de rappel de la C I sont supérieurs à ceux de C III aux trois temps. Ce résultat peut s'interpréter au regard de l'hypothèse d'une atypie dans le traitement de l'information mais pas seulement. Nous suggérons que la motivation pour les informations avec un contenu social pourrait aussi jouer un rôle.

La raison serait que le matériel visuel de C III avait un caractère social alors que celui de C I n'en avait pas. La condition vidéo (C III) serait associée à un « social reward » chez les individus de la population Typique. Ils produiraient alors plus d'efforts et seraient plus motivés pour retenir les mots de la condition vidéo plutôt que ceux de la condition audio seule (C I).

Dans les études cités dans l'introduction (Abrams, Uddin, & Menon, 2013; Ewing, Pellicano, & Rhodes, 2013; Lin, Rangel, & Adolphs, 2012; Stavropoulos & Carver, 2014) les individus du groupe TSA montrent des performances supérieures en présence de stimuli non-sociaux. C'est aussi le cas dans notre étude puisque qu'en rappel à 30 minutes, ils rapportent des scores supérieurs pour les mots de la condition audio comparés à ceux de la condition vidéo. Nous suggérons que ce résultat provient du fait que les individus avec TSA fournissent un effort supérieur pour des stimuli non-sociaux que pour des stimuli sociaux.

De plus cette hypothèse est soutenue par le fait que dans la population TSA, les performances à CII et CIII sont comparables aux trois temps du rappel. Or CII et CIII ont en commun d'avoir une composante sociale visuelle en plus d'auditive. On sait que les individus avec TSA ont un traitement de l'information sociale atypique (Bedford et al., 2014; Chang et al., 2014; Mayer & Heaton, 2014; Tardif, Lainé, Rodriguez, & Gepner, 2007; Tye et al., 2014). On peut donc supposer que c'est la composante sociale et non multisensorielle qui influence les performances dans nos conditions. Nous suggérons que cette composante introduit une notion de motivation chez les individus Typique mais pas chez les individus TSA, ce qui expliquerait nos résultats.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de la littérature spécialisée. L'hypothèse du rôle de la récompense de type sociale, « social reward », pourrait contribuer à expliquer les différences des scores de rappel de mots en fonction de la nature du stimulus visuel.

De nombreuses études montrent que les capacités d'imitations sont diminuées dans le TSA et que ce déficit est très précoce (Girardot, De Martino, Rey, & Poinso, 2009; Meltzoff, 1988; Thal & Tobias, 1994; Williams et al., 2006; Young et al., 2011). Ceci pourrait être mis en lien avec les difficultés d'apprentissage de la cognition sociale. En effet si la motivation des individus avec TSA est faible pour les informations transmises par un vecteur social (dialogue, observation des personnes) nous suggérons que cela puisse impacter les capacités d'observation et d'imitations. Ceci proviendrait du fait que les individus avec TSA n'auraient pas de « social reward » pendant les interactions sociales, qu'ils ne seraient donc pas motivés pour celles-ci et par conséquent, qu'ils n'acquerraient pas une cognition sociale de la même façon que les individus typiques. Ce raisonnement sous-entend que l'audition de mots prononcés seuls (C I) revêt une composante sociale faible voir négligeable dans notre tâche. En effet, cette composante est constante dans les trois conditions.

Il s'agit donc ici d'une seconde interprétation de nos résultats qui conduit elle aussi à une piste sur l'origine de troubles de l'apprentissage de la cognition sociale dans le TSA.

Score de rappel attendu pour le rappel à 30 minutes :

Pendant la conception de la tâche nous avons estimé à 7 plus ou moins 2 le nombre de mots rappelés par épreuve de rappel, en accord avec (Miller, 1956).

Nos estimations s'avèrent compatibles avec les résultats observés dans la population Typique (8,58). Ils se situent dans la fourchette haute.

En population TSA, les scores moyens observés sont significativement plus bas (5,47) ($p < 0,05$). Les scores moyens sont dans la fourchette basse de notre estimation.

Ici nous évoquons les résultats des auteurs vus plus haut (Lainé, Rauzy, Tardif, & Gepner, 2011; Mayer & Heaton, 2014; Tardif et al., 2007). **Ils postulent que les capacités de traitement des individus TSA sont diminuées par rapport aux individus typiques quand les informations sont présentées rapidement. Les auteurs** (Mayer & Heaton, 2014) **suggèrent que les capacités de restitutions des individus avec TSA sont beaucoup plus impactées par un temps d'encodage court que les individus témoins. Toutefois cet aspect modifie les résultats au plan quantitatif mais pas qualitatif.**

Tâche de rappel indicé :

Les scores en rappel indicé ont été analysés en association aux scores de rappel à 30 minutes. Les résultats de cette analyse vont dans le même sens que les deux autres temps de rappel, ce qui est un argument de fiabilité.

Pourtant la présentation d'indices pose le problème des différences de compréhension qu'il peut y avoir entre les deux groupes. Malgré nos précautions il est difficile de contrôler l'homogénéité et l'intelligibilité des nos indices.

Nous avons pris soin de ne pas inclure les résultats de cette épreuve dans notre hypothèse principale. Elle était destinée à renforcer la fiabilité des résultats à 30 minutes si ils variaient dans le même sens, ce qui est le cas.

CONCLUSION

Le trouble du spectre autistique est une pathologie handicapante et dont le pronostic dépend de la précocité du diagnostic et de sa prise en charge.

La compréhension de cette pathologie a progressé depuis sa description par Léo Kanner en 1951. Cependant il reste encore plusieurs questions cruciales concernant son étiologie, son cadre nosologique et son traitement.

Dans le but de mieux comprendre le fonctionnement cognitif des individus avec TSA nous avons mené une étude pilote.

Notre étude expérimentale comparative sur 19 individus avec TSA a montré un traitement atypique des informations d'origine multi-sensorielle à caractère social. Le groupe TSA montrait une prédominance de rappel pour les informations d'origine uni-sensorielle. Ce résultat serait associé à un moins bon traitement des informations multi-sensorielles à caractère social. Dans une prochaine étude il serait pertinent d'ajouter une condition contrôle pour déterminer la part de la motivation sociale et celle du déficit du traitement atypique de l'information dans nos résultats.

Notre tâche, si elle est validée dans une étude sur un échantillon plus grand, pourrait être un outil d'évaluation de qualité du traitement de l'information d'origine multi-sensorielle. Elle pourrait jouer un rôle pour guider la prise en charge pédagogique des individus avec un TSA.

Nous mettons l'accent sur l'intérêt de l'évaluation de la cognition sociale via un support multi-sensoriel dynamique car cela serait mieux à même de mettre en évidence les difficultés des individus avec TSA.

Nous n'avons pas mis en évidence de différence entre les deux groupes dans le traitement des informations émotionnelles. Cependant ce résultat suggère que le traitement des informations émotionnelles est comparable dans les deux populations. Sur ce point il n'y a pas de consensus dans la littérature.

Enfin ce travail nous a permis de rencontrer de nombreux patients et leur famille. La recherche clinique est un domaine où la relation médecin-malade est abordée sous un angle différent qu'en pratique courante. Ces rencontres hors du cadre strictement médical sont précieuses pour le clinicien. La participation à notre étude entraînait un vécu positif pour les participant et leur famille. La plupart des participants ont semblé s'être senti valorisé. C'était aussi l'occasion pour les familles d'aborder des questionnements à propos du fonctionnement au quotidien de leur enfant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abrams, D. A., Uddin, L. Q., & Menon, V. (2013). Reply to Brock: Renewed focus on the voice and social reward in children with autism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(42), E3974. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3801048&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Ahmed, F. S., & Stephen Miller, L. (2011). Executive function mechanisms of theory of mind. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(5), 667–78. doi:10.1007/s10803-010-1087-7
- American Psychiatric Association. (1994). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-IV). (4th ed.) American Psychiatric Association, Washington, DC.
- Andersen, P. N., Hovik, K. T., Skogli, E. W., Egeland, J., & Oie, M. (2013). Symptoms of ADHD in children with high-functioning autism are related to impaired verbal working memory and verbal delayed recall. *PloS One*, 8(5), e64842. doi:10.1371/journal.pone.0064842
- APA. (2014). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)*. (American Psychiatric Association, Ed.).
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11058819>
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105(1), 158–73. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9450375>
- Barendse, E. M., Hendriks, M. P., Jansen, J. F., Backes, W. H., Hofman, P. A., Thoonen, G., ... Aldenkamp, A. P. (2013). Working memory deficits in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders: neuropsychological and neuroimaging correlates. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 5(1), 14. doi:10.1186/1866-1955-5-14
- Barron-linnankoski. (n.d.). Neurocognitive performance of children with higher functioning Autism Spectrum disorder on the NEPSY II.
- Bernardino, I., Mouga, S., Almeida, J., van Asselen, M., Oliveira, G., & Castelo-Branco, M. (2012). A direct comparison of local-global integration in autism and other developmental disorders: implications for the central coherence hypothesis. *PloS One*, 7(6), e39351. doi:10.1371/journal.pone.0039351
- Beversdorf, D. Q., Anderson, J. M., Manning, S. E., Anderson, S. L., Nordgren, R. E., Felopulos, G. J., ... Bauman, M. L. (1998). The effect of semantic and emotional context on written recall for verbal language in high functioning adults with autism spectrum disorder. *Journal of*

Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 65(5), 685–92. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2170365&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

- Bon, L., Baleyte, J.-M., Piolino, P., Desgranges, B., Eustache, F., & Guillery-Girard, B. (2012). Growing Up with Asperger's Syndrome: Developmental Trajectory of Autobiographical Memory. *Frontiers in Psychology*, 3(January), 605. doi:10.3389/fpsyg.2012.00605
- Bonin, P., Méot, A., Aubert, L.-F., Malardier, N., Niedenthal, P. M., & Capelle-Toczek, M.-C. (2003). Normes de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle pour 866 mots. *L'année Psychologique*, 103(4), 655–694. doi:10.3406/psy.2003.29658
- Boucher, J., Mayes, A., & Bigham, S. (2012). Memory in autistic spectrum disorder. *Psychological Bulletin*, 138(3), 458–96. doi:10.1037/a0026869
- Bowler, D. M., Gaigg, S. B., & Gardiner, J. M. (2010). Multiple list learning in adults with autism spectrum disorder: parallels with frontal lobe damage or further evidence of diminished relational processing? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(2), 179–87. doi:10.1007/s10803-009-0845-x
- Bowler, D. M., Gaigg, S. B., & Gardiner, J. M. (2014). Binding of Multiple Features in Memory by High-Functioning Adults with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. doi:10.1007/s10803-014-2105-y
- Brandwein, A. B., Foxe, J. J., Butler, J. S., Frey, H.-P., Bates, J. C., Shulman, L. H., & Molholm, S. (2014). Neurophysiological Indices of Atypical Auditory Processing and Multisensory Integration are Associated with Symptom Severity in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. doi:10.1007/s10803-014-2212-9
- Brezis, R. S., Galili, T., Wong, T., & Piggot, J. I. (2014). Impaired social processing in autism and its reflections in memory: a deeper view of encoding and retrieval processes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(5), 1183–92. doi:10.1007/s10803-013-1980-y
- Chaminade, T., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2005). An fMRI study of imitation: action representation and body schema. *Neuropsychologia*, 43(1), 115–27. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.026
- Chaminade, T., & Okka, M. M. (2013). Comparing the effect of humanoid and human face for the spatial orientation of attention. *In Presse*, 33(0).
- Chen, F. (2009). Inverse correlation between the conceptual and perceptual processing in children with autism may be due to processing bias differences in information recall. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 13(2), 193–4. doi:10.1177/1362361308100678

- Coady, J. A., Mainela-Arnold, E., & Evans, J. L. (n.d.). Phonological and lexical effects in verbal recall by children with specific language impairments. *International Journal of Language & Communication Disorders / Royal College of Speech & Language Therapists*, 48(2), 144–59. doi:10.1111/1460-6984.12005
- Cohen, D. (2012). Controverses actuelles dans le champ de l'autisme. *Annales Médico-Psychologiques, Revue Psychiatrique*, 170(7), 517–525. doi:10.1016/j.amp.2012.06.019
- De Vries, M., & Geurts, H. M. (2012). Cognitive flexibility in ASD; task switching with emotional faces. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(12), 2558–68. doi:10.1007/s10803-012-1512-1
- Dehaene-Lambertz, G. (2012). Une réévaluation du rôle de la bouche et des mouvements articulatoires dans l'acquisition de la langue maternelle. *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie Du Développement*, 33(1), 2–3. doi:10.1016/j.motcer.2011.11.001
- Deplus, S., Grégoire, J., & Van Broeck, N. (2013). Tâche d'évaluation de la mémoire autobiographique (TEMA) adaptée à l'enfant. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 63(3), 159–172. doi:10.1016/j.erap.2012.10.001
- Deruelle C, Rondan C, Fagot J, G. B. (2005). Local, global and configural processing of faces in autistic children. *Int J Psychol.*
- Deruelle, C., Hubert, B., Santos, a, & Wicker, B. (2008). Negative emotion does not enhance recall skills in adults with autistic spectrum disorders. *Autism Research : Official Journal of the International Society for Autism Research*, 1(2), 91–6. doi:10.1002/aur.13
- Desrochers, A., & Bergeron, M. (2000). Valeurs de fréquence subjective et d'imagerie pour un échantillon de 1,916 substantifs de la langue française. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54(4), 274–325.
- Dewhurst, S. A., & Robinson, C. A. (2004). False memories in children. Evidence for a shift from phonological to semantic associations. *Psychological Science*, 15(11), 782–6. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00756.x
- Douglas Virginia I. (1979). Toward a Clearer Definition of the Attentional Deficit of Hyperactive Children. *Attention and Cognitive Development*, 173–247. doi:10.1007/978-1-4613-2985-5
- Dunn, L.M., Theriault-Whalen, C. M. (1993). *Echelle de vocabulaire en images peabody. Adaptation française du Peabody Picture Vocabulary test-revised.*

- Etienne, E., Braha, S., & Januel, D. (2012). [Humour and the theory of mind in schizophrenia: a review of the literature]. *L'Encéphale*, 38(2), 164–9. doi:10.1016/j.encep.2011.03.008
- Ewing, L., Pellicano, E., & Rhodes, G. (2013). Using effort to measure reward value of faces in children with autism. *PloS One*, 8(11), e79493. doi:10.1371/journal.pone.0079493
- Faja, S., Jane, S., Emily, W., Merkle, K., Kamara, D., Bavaro, J., ... Dawson, G. (2012). The Effects of Face Expertise Training on the Behavioral Performance and Brain Activity of Adults with High Functioning Autism Spectrum Disorders, 278–293. doi:10.1007/s10803-011-1243-8
- Ferrand, L., Ric, F., & Augustinova, M. (2009). Quand « amour » amorce « soleil » (ou pourquoi l'amorçage affectif n'est pas un (simple) cas d'amorçage sémantique ?). *L'Année Psychologique*, 106(01), 79. doi:10.4074/S0003503306001060
- Fombonne, E. (2005). Épidémiologie Des Troubles Psychiatriques En Pédiopsychiatrie. *EMC - Psychiatrie*, 2(3), 169–194. doi:10.1016/j.emcps.2005.06.001
- Freitag, C. M. (2014). [Autism Spectrum Disorder in DSM-5 - concept, validity, and reliability, impact on clinical care and future research]. *Zeitschrift Für Kinder- Und Jugendpsychiatrie Und Psychotherapie*, 42(3), 185–92. doi:10.1024/1422-4917/a000288
- Frith, U. (2012). The Quarterly Journal of Experimental Why we need cognitive explanations of autism The 38th Sir Frederick Bartlett Lecture Why we need cognitive explanations of autism, (April 2013), 37–41.
- Gaigg, S. B., & Bowler, D. M. (2008). Free recall and forgetting of emotionally arousing words in autism spectrum disorder. *Neuropsychologia*, 46(9), 2336–43. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.008
- Gervain, J., & Mehler, J. (2010). Speech perception and language acquisition in the first year of life. *Annual Review of Psychology*, 61, 191–218. doi:10.1146/annurev.psych.093008.100408
- Girardot, A. M., De Martino, S., Rey, V., & Poinso, F. (2009). Étude des relations entre l'imitation, l'interaction sociale et l'attention conjointe chez les enfants autistes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 57(4), 267–274. doi:10.1016/j.neurenf.2008.09.009
- Glanzer, M., & Cunitz, A. R. (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5(4), 351–360.
- Gobin, P., & Mathey, S. (2010). The influence of emotional orthographic neighbourhood in visual word recognition. *Current Psychology Letters*, (Vol. 26, Issue 1, 2010). Retrieved from <http://cpl.revues.org/4984>

- Gonzalez-Gadea, M. L., Tripicchio, P., Rattazzi, A., Baez, S., Marino, J., Roca, M., ... Ibanez, A. (2014). Inter-individual cognitive variability in children with Asperger's syndrome. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 575. doi:10.3389/fnhum.2014.00575
- Gras-Vincendon, A., Bursztejn, C., & Danion, J.-M. (2008). [Functioning of memory in subjects with autism]. *L'Encéphale*, 34(6), 550–6. doi:10.1016/j.encep.2007.10.010
- Grégoire, J. (2007). Les indices du Wisc-iv et leur interprétation. *Le Journal Des Psychologues*, 253(10), 26. doi:10.3917/jdp.253.0026
- Grober, E., & Kawas, C. (1997). Learning and retention in preclinical and early Alzheimer's disease. *Psychology and Aging*, 12(1), 183–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9100279>
- Güler, A. S., Scahill, L., Jeon, S., Taşkın, B., Dedeoğlu, C., Unal, S., & Yazgan, Y. (2014). Use of Multiple Informants to Identify Children at High Risk for ADHD in Turkish School-Age Children. *Journal of Attention Disorders*. doi:10.1177/1087054714530556
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The weak coherence account: detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 5–25. doi:10.1007/s10803-005-0039-0
- Houdart, R. (2006). Le cerveau, machine à apprendre et à mémoriser. *L'Encéphale*, 32(1), 67–74. doi:10.1016/S0013-7006(06)76138-3
- Kandel, E. (2005). Eric Kandel : a life, 10(5), 8–10.
- Kandel, E. R. (2002a). La biologie et le futur de la psychanalyse : un nouveau cadre conceptuel de travail pour une psychiatrie revisitée Biology and the future of psychoanalysis : a new intellectual framework for psychiatry revisited, 5, 40–82.
- Kandel, E. R. (2002b). Un nouveau cadre conceptuel de travail pour la psychiatrie A new intellectual framework for psychiatry, 5, 12–39.
- KANNER, L. (1951). The conception of wholes and parts in early infantile autism. *The American Journal of Psychiatry*, 108(1), 23–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14838158>
- Klin, A. (1991). Young autistic children's listening preferences in regard to speech: A possible characterization of the symptom of social withdrawal. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 21(1), 29–42. doi:10.1007/BF02206995
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., & Volkmar, F. (2003). The enactive mind, or from actions to cognition: lessons from autism. *Philosophical*

Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 358(1430), 345–60. doi:10.1098/rstb.2002.1202

- Kosaka, H., Munesue, T., Ishitobi, M., Asano, M., Omori, M., Sato, M., ... Wada, Y. (2012). Long-term oxytocin administration improves social behaviors in a girl with autistic disorder. *BMC Psychiatry*, 12(1), 110. doi:10.1186/1471-244X-12-110
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 156–166. doi:10.3758/BF03195560
- Levy, S. E., Mandell, D. S., & Schultz, R. T. (2009). Autism. *Lancet*, 374(9701), 1627–38. doi:10.1016/S0140-6736(09)61376-3
- Lin, A., Rangel, A., & Adolphs, R. (2012). Impaired learning of social compared to monetary rewards in autism. *Frontiers in Neuroscience*, 6, 143. doi:10.3389/fnins.2012.00143
- Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2009). Recognition memory, self-other source memory, and theory-of-mind in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(9), 1231–9. doi:10.1007/s10803-009-0735-2
- Maister, L., Simons, J. S., & Plaisted-Grant, K. (2013). Executive functions are employed to process episodic and relational memories in children with autism spectrum disorders. *Neuropsychology*, 27(6), 615–27. doi:10.1037/a0034492
- Majerus, S., & D'Argembeau, A. (2011). Verbal short-term memory reflects the organization of long-term memory: Further evidence from short-term memory for emotional words. *Journal of Memory and Language*, 64(2), 181–197. doi:10.1016/j.jml.2010.10.003
- Mammarella, I. C., Giofrè, D., Caviola, S., Cornoldi, C., & Hamilton, C. (2014). Visuospatial working memory in children with autism: The effect of a semantic global organization. *Research in Developmental Disabilities*, 35(6), 1349–1356. doi:10.1016/j.ridd.2014.03.030
- Maras, K. L., Gaigg, S. B., & Bowler, D. M. (2012). Memory for emotionally arousing events over time in Autism Spectrum Disorder. *Emotion (Washington, D.C.)*, 12(5), 1118–28. doi:10.1037/a0026679
- Marcelli, D. (2008). *Adolescence et psychopathologie*.
- Massand, E., & Bowler, D. M. (2013). Atypical Neurophysiology Underlying Episodic and Semantic Memory in Adults with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. doi:10.1007/s10803-013-1869-9

- Matthews, D., Behne, T., Lieven, E., & Tomasello, M. (2012). Origins of the human pointing gesture: a training study. *Developmental Science*, 15(6), 817–29. doi:10.1111/j.1467-7687.2012.01181.x
- Meltzoff, A. N. (1988). Infant imitation and memory: nine-month-olds in immediate and deferred tests. *Child Development*, 59(1), 217–25. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3652622&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, Vol 63(2), 81–97. doi:10.1037/h0043158
- Miller, M., Hanford, R. B., Fassbender, C., Duke, M., & Schweitzer, J. B. (2011). Affect recognition in adults with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 15(6), 452–60. doi:10.1177/1087054710368636
- Nemeth, D., Janacsek, K., Balogh, V., Londe, Z., Mingesz, R., Fazekas, M., ... Vetro, A. (2010). Learning in autism: implicitly superb. *PloS One*, 5(7), e11731. doi:10.1371/journal.pone.0011731
- Noens, I. L. J., & van Berckelaer-Onnes, I. A. (2007). The Central Coherence Account of Autism Revisited: Evidence from the ComFor Study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2(2), 209–222. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=EJ796686>
- Ozonoff, S., & Strayer, D. L. (2001). Further evidence of intact working memory in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(3), 257–63. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11518480>
- Pollick FE, Hill H, Calder A, P. H. (2003). Recognising facial expression from spatially and temporally modified movements. *Perception*, 32, 813–26.
- Postman, L., & Phillips, L. W. (1965). Short-term temporal changes in free recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17, 132–138.
- Purper-Ouakil, D., Wohl, M., Cortese, S., Michel, G., & Mouren, M.-C. (2006). Le trouble déficitaire de l'attention–hyperactivité (TDAH) de l'enfant et de l'adolescent. *Annales Médico-Psychologiques, Revue Psychiatrique*, 164(1), 63–72. doi:10.1016/j.amp.2005.11.003
- Renner, J. a. (2004). How to train residents to identify and treat dual diagnosis patients. *Biological Psychiatry*, 56(10), 810–6. doi:10.1016/j.biopsych.2004.04.003
- Reuter, F., Audoin, B., Liégois-Chauvel, C., Malikova, I., Naccache, L., Cohen, L., ... Pelletier, J. (2009). Approche en IRMf de la perception visuelle consciente et non consciente au stade précoce de la sclérose en

plaques. *Revue Neurologique*, 165, S49–S50. doi:10.1016/S0035-3787(09)70022-0

- Riccio, C. A., Garland, B. H., & Cohen, M. J. (2007). Relations between the Test of Variables of Attention (TOVA) and the Children's Memory Scale (CMS). *Journal of Attention Disorders*, 11(2), 167–71. doi:10.1177/1087054706295653
- Rodríguez-Fornells, A., Cunillera, T., Mestres-Missé, A., & de Diego-Balaguer, R. (2009). Neurophysiological mechanisms involved in language learning in adults. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1536), 3711–35. doi:10.1098/rstb.2009.0130
- Schmidt, S. R. (1991). Can we have a distinctive theory of memory? *Memory & Cognition*, 19(6), 523–42. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1758300>
- Semrud-Clikeman, M., Walkowiak, J., Wilkinson, A., & Butcher, B. (2010). Executive functioning in children with Asperger syndrome, ADHD-combined type, ADHD-predominately inattentive type, and controls. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(8), 1017–27. doi:10.1007/s10803-010-0951-9
- Shalom, D. Ben. (2003). SPECIAL ISSUE MEMORY IN AUTISM : REVIEW AND SYNTHESIS, (1997), 1129–1138.
- Sinzig, J., Morsch, D., Bruning, N., Schmidt, M. H., & Lehmkuhl, G. (2008). Inhibition, flexibility, working memory and planning in autism spectrum disorders with and without comorbid ADHD-symptoms. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 2(1), 4. doi:10.1186/1753-2000-2-4
- Spek, A. A., Scholte, E. M., & Van Berckelaer-Onnes, I. A. (2010). Theory of mind in adults with HFA and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(3), 280–9. doi:10.1007/s10803-009-0860-y
- Speranza, M. (2009). Cognitions sociales et schizophrénie à début précoce. *Neuropsychiatrie de L'enfance et de L'adolescence*, 57, 14–20.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171–7. doi:10.1016/j.nlm.2004.06.005
- Stavropoulos, K. K. M., & Carver, L. J. (2013a). Research review: Social motivation and oxytocin in autism--implications for joint attention development and intervention. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 54(6), 603–18. doi:10.1111/jcpp.12061

- Stavropoulos, K. K. M., & Carver, L. J. (2013b). Reward sensitivity to faces versus objects in children: an ERP study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(10), 1569–75. doi:10.1093/scan/nst149
- Stavropoulos, K. K. M., & Carver, L. J. (2014). Reward anticipation and processing of social versus nonsocial stimuli in children with and without autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*. doi:10.1111/jcpp.12270
- Stevenson, R. A., Siemann, J. K., Woynaroski, T. G., Schneider, B. C., Eberly, H. E., Camarata, S. M., & Wallace, M. T. (2014). Evidence for Diminished Multisensory Integration in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. doi:10.1007/s10803-014-2179-6
- Sumiyoshi, C., Kawakubo, Y., Suga, M., Sumiyoshi, T., & Kasai, K. (2011). Impaired ability to organize information in individuals with autism spectrum disorders and their siblings. *Neuroscience Research*, 69(3), 252–7. doi:10.1016/j.neures.2010.11.007
- Syssau, a., & Monnier, C. (2012). L'influence de la valence émotionnelle positive des mots sur la mémoire des enfants. *Psychologie Française*, 57(4), 237–250. doi:10.1016/j.psfr.2012.09.003
- Syssau, A., & Font, N. (2005). Evaluations des caractéristiques émotionnelles d'un corpus de 604 mots. *BULLETIN DE PSYCHOLOGIE*, 58(477), 361–367.
- Syssau, A., & Monnier, C. (2009). Children's emotional norms for 600 French words. *Behavior Research Methods*, 41(1), 213–9. doi:10.3758/BRM.41.1.213
- Talmi, D., Luk, B. T. C., McGarry, L. M., & Moscovitch, M. (2007). The contribution of relatedness and distinctiveness to emotionally-enhanced memory. *Journal of Memory and Language*, 56(4), 555–574. doi:10.1016/j.jml.2007.01.002
- Tantam D, Monaghan L, Nicholson H, S. J. (1989). Autistic children's ability to interpret faces: A research note. *J Child Psychol Psychiatry*, 30, 623–30.
- Taurines, R., Schwenck, C., Westerwald, E., Sachse, M., Siniatchkin, M., & Freitag, C. (2012). ADHD and autism : differential diagnosis or overlapping traits ? A selective review, 115–139. doi:10.1007/s12402-012-0086-2
- Thal, D., & Tobias, S. (1994). Relationships between language and gesture in normally developing and late-talking toddlers. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(1), 157–70. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8170121>

- Thiebaut de Schotten, M., Urbanski, M., Duffau, H., Volle, E., Lévy, R., Dubois, B., & Bartolomeo, P. (2005). Direct evidence for a parietal-frontal pathway subserving spatial awareness in humans. *Science (New York, N.Y.)*, 309(5744), 2226–8. doi:10.1126/science.1116251
- Toichi, M., & Kamio, Y. (2002). Long-term memory and levels-of-processing in autism. *Neuropsychologia*, 40(7), 964–9. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11900748>
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40(4), 385–398. doi:10.1037/0003-066X.40.4.385
- Vélez-van-Meerbeke, A., Zamora, I. P., Guzmán, G., Figueroa, B., López Cabra, C. A., & Talero-Gutiérrez, C. (2013). Evaluating executive function in schoolchildren with symptoms of attention deficit hyperactivity disorder. *Neurología (English Edition)*, 28(6), 348–355. doi:10.1016/j.nrleng.2012.06.004
- Weeks SJ, H. R. (1987). The salience of facial expression for autistic children. *J Child Psychol Psychiatry*, 28, 137–52.
- Williams, D. L., Goldstein, G., & Minshew, N. J. (2006). The profile of memory function in children with autism. *Neuropsychology*, 20(1), 21–9. doi:10.1037/0894-4105.20.1.21
- Williams, D. M., Jarrold, C., Grainger, C., & Lind, S. E. (2014). Diminished time-based, but undiminished event-based, prospective memory among intellectually high-functioning adults with autism spectrum disorder: relation to working memory ability. *Neuropsychology*, 28(1), 30–42. doi:10.1037/neu0000008
- Williams, J. H. G., Waiter, G. D., Gilchrist, A., Perrett, D. I., Murray, A. D., & Whiten, A. (2006). Neural mechanisms of imitation and “mirror neuron” functioning in autistic spectrum disorder. *Neuropsychologia*, 44(4), 610–21. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.010
- Young, G. S., Rogers, S. J., Hutman, T., Rozga, A., Sigman, M., & Ozonoff, S. (2011a). Imitation from 12 to 24 months in autism and typical development: a longitudinal Rasch analysis. *Developmental Psychology*, 47(6), 1565–78. doi:10.1037/a0025418
- Young, G. S., Rogers, S. J., Hutman, T., Rozga, A., Sigman, M., & Ozonoff, S. (2011b). Imitation from 12 to 24 months in autism and typical development: a longitudinal Rasch analysis. *Developmental Psychology*, 47(6), 1565–78. doi:10.1037/a0025418
- Zalla, T., Sav, A.-M., Stopin, A., Ahade, S., & Leboyer, M. (2009). Faux pas detection and intentional action in Asperger Syndrome. A replication on a French sample. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(2), 373–82. doi:10.1007/s10803-008-0634-y

